Aus dem Zoologischen Institut der Universität München

Über den Gehörsinn und die Musikalität der Vögel

Inaugural-Dissertation

der

Naturwissenschaftlichen Fakultät

der

Ludwig-Maximilians-Universität in München

Eingereicht am 4. Januar 1939

von

Sigrid Knecht

Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz A.G., Würzburg

Berichterstatter: Prof. von Frisch

Tag der mündlichen Prüfung: 2. Februar 1939

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Sonderdruck aus
„Zeitschrift für vergleichende Physiologie“, 27. Band, 1. Heft
Verlag von Julius Springer, Berlin

Herrn Geheimrat **Alfred Denker**

in aufrichtiger Dankbarkeit
und Verehrung

gewidmet

(Aus dem Zoologischen Institut der Universität München.)

ÜBER DEN GEHÖRSINN UND DIE MUSIKALITÄT DER VÖGEL[1].

Von

SIGRID KNECHT.

Mit 18 Textabbildungen (28 Einzelbildern).

(Eingegangen am 21. März 1939.)

Inhaltsverzeichnis.

Seite

I. Einleitung: Geschichtlicher Streifzug und Fragestellung 169
II. Untersuchungsweise 171
III. Die Andressur 177
IV. Versuche über die physiologische Leistungsfähigkeit des Vogelohrs . . 178
1. Der Hörumfang: Bestimmung der unteren und oberen Hörgrenze 180
2. Bestimmung der Unterschiedsschwellen 185
Differenzdressur in mittleren Lagen 186
Differenzdressur in hohen Lagen 193
a) In der 4-gestrichenen Oktave S. 193. — b) In der 6-gestrichenen Oktave S. 194.
Differenzdressur in tiefen Lagen 196
V. Tonpsychologische Untersuchungen über die Musikalität des Vogels . 200
1. Absolutes und relatives Tonempfinden 201
2. Versuche mit Klangfarben 206
3. Versuche mit Klängen 210
a) Unterscheidung von musikalischen Intervallen S. 210. — b) Einfluß der Kombinationstöne S. 211. — c) Versuche über das Transponiervermögen S. 213.
4. Untersuchungen über die Verwechslung der Intervalle, im besonderen der Oktave 216
a) Beurteilung sukzessiver Töne S. 216. — b) Beurteilung gleichzeitiger Töne S. 219.
5. Versuche mit Melodien 222
VI. Psychologische Erörterungen 224
VII. Zusammenfassung der Ergebnisse 227
Schriftenverzeichnis 229

I. Einleitung: Geschichtlicher Streifzug und Fragestellung.

Bekanntlich besitzt der Vogel eine sehr modulationsfähige Stimme. Der Tonumfang sowie die teilweise außerordentlich geringen Intervalldifferenzen des Gesanges und die Tatsache, daß die „spottenden" Vögel (s. S. 206) Laute und Melodien auf das Genaueste nachzuahmen vermögen, lassen auf ein gut entwickeltes Gehör schließen. Trotzdem ist über die physiologische Leistungsfähigkeit des Vogelohrs noch wenig bekannt.

[1] D 19. Die Anregung zu dem Thema ging von Herrn Prof. VON FRISCH aus, dem ich für seine Anteilnahme am Fortlauf der Arbeit, sowie für die Bewilligung aller nötigen Mittel besonders danken möchte. Der Dank gilt auch allen übrigen, die mir mit Rat und Hilfe zur Seite standen.

Gustaf Retzius (1884) hat als erster in seinem klassischen Werk den Bau des Vogellabyrinths makroskopisch und mikroskopisch eingehend dargestellt. — 10 Jahre später erregte K. Ewald (1894) mit seinen Versuchen über das Hören labyrinthloser Tauben großes Aufsehen. Während einige Forscher u. a. Fano, Masini, Strehl, ein derartiges Hören für möglich hielten, erklärten Kuttner, Bernstein und Matta die angeblichen Hörreaktionen teils mit der mangelhaften Untersuchungstechnik Ewalds, teils mit einer Erregung des bei Vögeln besonders empfindlichen Tastsinns. — In der besonders erwähnenswerten Arbeit über das Gehörorgan der Papageien stellt Alfred Denker (1907) die Frage, welche Bestandteile des menschlichen Ohrs entbehrt werden können, um trotzdem noch unsere Sprachlaute zu hören; denn diese vermag der Papagei sehr vollkommen wiederzugeben, obwohl er nur über ein sehr viel einfacher gebautes Gehörorgan als der Mensch verfügt. Die Ergebnisse der Denkerschen Untersuchungen sind kurz folgende: An Stelle des komplizierten Cortischen Apparates des Menschen befinden sich beim Vogel auf der Papilla basilaris nur einfache Stützzellen außer den Hörzellen mit ihren Sinneshaaren. Die Basilarpapille mißt 2,6—2,7 mm (die menschliche dagegen 33,5 mm!), und ihre Grundhaut enthält ebenfalls wie die der Mammalier quer gespannte Fasern, aber nur 1200 gegenüber 24 000 beim Mensch.

Die Untersuchungen von Goebel (1913) ergaben, daß wahrscheinlich die Macula vestibuli und die Macula lagenae zur Tonwahrnehmung dient (letztere für die tiefen Töne), ebenso auch innervierte Sinneszellen in den Hyalinzellen des Knorpelrahmens[1].

Auf diese Besonderheit der Vogelschnecke hebt auch Mangold (1926) ab, indem er darauf hinweist, daß in der Säugetierschnecke der nicht innervierte Epithelbezirk scharf mit der letzten Sinneszelle des Papillenquerschnitts abschneidet, und daß die gesamte Innervation des Vogelohrs intensiver ist als beim Säugetier.

Weiterhin versucht Goebel (1913, 1920, 1930) Klarheit über den Hörvorgang in der Vogelkochlea zu bekommen. Auch wird als bemerkenswert hingestellt, daß der Bau der Schnecke besonders für eine Perzeption hoher und mittlerer Töne geeignet sei. 1917 wurde von Schwabe und Satoh das Vogellabyrinth und dessen histologische Schädigung durch akustische Reize untersucht. Wada (1924) konnte mit Schallschädigungsversuchen keine Änderungen des Sinnesepithels feststellen. Auf Grund von Weckversuchen an hypnotisierten Tauben wurden dem Trommelfell vorwiegend schalldämpfende Eigenschaften, besonders für tiefe Töne, zuerkannt. Der Musculus stapedius (kein tympanaler Binnenmuskel!) greift nicht wie der Tensor tympani der Säuger reflektorisch in die Schallübertragung des Mittelohrs ein, sondern wirkt nur als tonischer Trommelfellspanner. — Von Auguste Jellineck (1926) wurden erstmalig die Gehörleistungen des Vogels experimentell geprüft. Sie dressierte Tauben auf Futtertöne, von denen andere Töne unterschieden werden mußten. Als kleinstes Intervall wurde im Bestfall ein Halbton differenziert (cis^4 — d^4), im Durchschnitt Terz bis Quarte. In einer weiteren Arbeit konnte sie die Ergebnisse Wadas über die Bedeutung des Trommelfells bestätigen: Nach der Entfernung von Trommelfell und Columella reagierten hypnotisierte Tauben besonders stark auf tiefe Töne. — Wassiliew (1933) untersuchte mit Hilfe der Pawlowschen Reflexmethode ebenfalls die Unterschiedsschwelle von Tauben. Diese liegt in der 2—4-gestrichenen Oktave bei einem Halbton (im Bestfall!), in der 6-gestrichenen Oktave bei einer Terz. Bei der Ermittlung der oberen Hörgrenze bildeten die Versuchstiere einen akustischen Reflex (Zusammenziehen des Fußes bei Schallreizen) bis zu 11000 bzw. 12000 Hz aus.

[1] Die Basilarmembran ist beim Vogel in einen knorpeligen Rahmen ausgespannt, einem Analogon des Ligamentum spirale und des Labium tympanicum im Säugerohr.

Es bleibt somit noch ein weites Feld ungelöster Fragen. Zunächst interessiert es, ob und wieweit sich die anatomischen Befunde mit den Beobachtungen an unseren stimmbegabten Vögeln in Einklang bringen lassen, und ob sich die Helmholtzsche Hypothese[1] dabei verwerten läßt. Aus diesem Grund wurde der Hörumfang sowie die Unterschiedsempfindlichkeit in verschiedenen Bereichen der Tonskala geprüft. Weiterhin sollte die viel erörterte Frage der Musikalität des Vogels einer Untersuchung unterzogen werden.

II. Untersuchungsweise.

Die wenigsten Vogelbesitzer oder Hühnerfarmer werden sich darüber klar sein, daß die Fütterung ihrer Tiere auf bestimmte Lockrufe oder Pfiffe praktisch eigentlich eine Tondressur ist im Sinne der Pawlowschen Reflexmethode: Bei einem akustischen Reiz wird eine motorische Reaktion ausgelöst (zum Futterplatz stürzen, fressen).

Diese Methode der „Futterdressur" wurde auch für die vorliegenden Gehörprüfungen angewendet, obwohl sie den Nachteil hat, daß die Versuche an Stoffwechselvorgänge gebunden sind (Beurteilung negativer Ergebnisse mit Vorbehalt!). Auf jeden Fall ist die „Futterdressur" allen anderen Untersuchungsarten vorzuziehen, da der Hunger ein biologisch sehr wirksamer Reiz ist; außerdem eignen sich die Vögel wegen ihres schnellen Stoffwechsels besonders gut für diese Methode.

Die erzielten Ergebnisse sind jedoch nur als *Dressurwerte* zu betrachten; die absolute Leistungskraft kann in Natur besser sein (für einen Dressurerfolg ist gutes Gedächtnis Vorbedingung!), oder schlechter durch einseitig auf die Spitze getriebene Dressurleistungen (s. auch S. 199/200 und 224).

Versuchsanordnung. Die Versuchstiere wurden in Metallkäfigen von 28 cm Länge, 30 cm Höhe und 18 cm Breite gehalten (absichtlich kleine Käfige, um die Zähmung zu erleichtern!). Außerhalb des Käfigs ist an einer Schmalseite ein Holzklotz mit Vertiefung für das Futter angebracht. Um dieses zu erreichen, muß der Vogel ein kleines Türchen mit dem Kopf aufdrücken. Wenn nicht dressiert wird, bleibt diese „Futterklappe" verschlossen. Sie wird im Versuch erst dann geöffnet, wenn das Tier beim „Futterton" mehrmals deutlich dagegen geklopft hat (Futterreaktion). Der Verschluß der Futterklappe geschieht mit einem für Fotoapparate gebräuchlichen Drahtauslöser von etwa 1 m Länge; dadurch besteht die Möglichkeit, das Öffnen und Schließen aus einiger Entfernung zu betätigen (Abb. 1). Das übliche Bodenblech für den Sand wurde auf der Futterplatzseite durch ein Drahtgitter ersetzt, um zu verhindern, daß Körner ins Käfiginnere fielen, die dann außerhalb der Versuche gefressen worden wären. Somit konnte eine Fütterung nur in Verbindung mit dem Dressurton erfolgen.

Da für den Vogel sowohl optische als auch akustische Reize maßgebend sind, so war es erforderlich, den Gesichtssinn der Versuchstiere auszuschalten.

Eine Blendung würde für ein so ausgesprochenes Augentier wie den Vogel ein sehr grober Eingriff sein. Ich wählte darum einen anderen Weg: die „Tarnung" des Versuchsleiters.

Für diesen Zweck verwendete ich das Prinzip der *Doppelspiegelbeobachtung*, bei der das Versuchsobjekt nicht direkt gesehen wird, sondern indirekt in einem Spiegel (Abb. 1).

[1] Helmholtz faßt die Basilarfasern als ein System von Saiten auf, von denen jede auf einen bestimmten Ton „abgestimmt" ist; trifft dieser Ton das Ohr, so gerät die entsprechende „Saite" der Basalmembran in Resonanz und übt dadurch auf eine bestimmte Hörzelle und deren Nervenfaser einen Reiz aus.

Die Strahlen gelangen von diesem Spiegel senkrecht nach oben in einen zweiten Spiegel, auf den die Strahlen des Beobachtungsfeldes treffen. Beide Spiegel (Sp 1 und 2) sind in einem „Spion" (Beobachtungsturm) eingebaut, der je nach den Versuchsbedingungen beliebig hoch ist und bequem auf den Tisch gestellt werden kann. (Die verwendeten Maße sind h = 75 cm, Grundriß 18 : 18 cm.) Die Spiegel können entsprechend dem Einfallswinkel der Strahlen gegeneinander gedreht werden, so daß in jedem gewünschten Abstand eine Beobachtung des Tieres möglich ist. Um den Beobachter völlig unsichtbar zu machen, ist es nötig, ihn mit einem schwarzen Tuch zu bedecken.

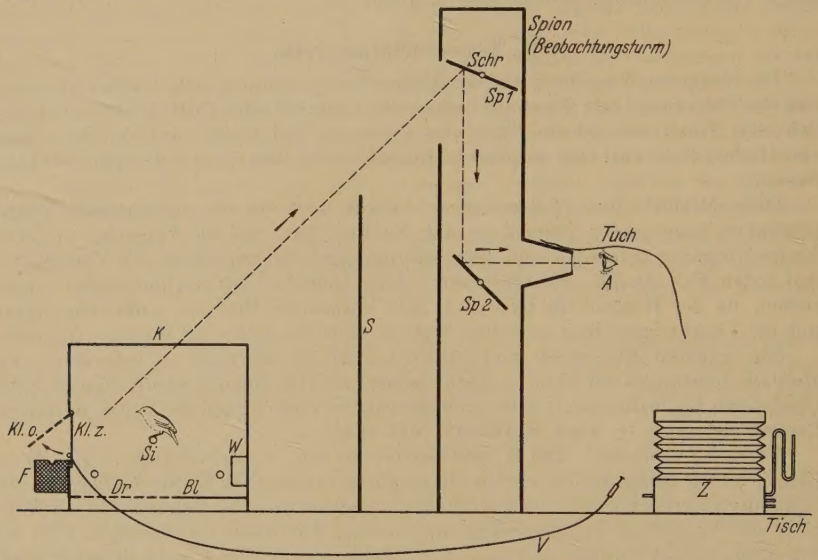

Abb. 1. Versuchsanordnung bei der Dressur. Der Versuchsleiter beobachtet das Tier in einem Spiegel, auf den nach dem Doppelspiegelprinzip Lichtstrahlen von einem senkrecht darüber angebrachten zweiten Spiegel auftreffen. Um für den Vogel völlig unsichtbar zu sein, ist der Kopf des Beobachters von einem Tuch bedeckt. *A* Auge des Beobachters, *Bl* Sandblech, *Dr* Drahtgitter, *F* Futterplatz, *K* Käfig, *Kl. o.* Futterklappe offen, *Kl. z.* Futterklappe geschlossen, *S* Schirm zum Verdecken des Beobachters, *Schr* Schraube zum Drehen der Spiegel, *Si* Sitzstange, *Sp* 1, 2 Beobachtungsspiegel, *V* Verschlußdraht, *W* Wassernapf, *Z* Ziehharmonika-Druckregulator mit angeschlossenen Pfeifen.

Zwischen Käfig und Spion wird ein entsprechend hoher Schirm (S) angebracht, um Ablenkungen von außen her möglichst von dem Tier fernzuhalten.

Für besondere Stille in der Umgebung wurde nicht gesorgt. Im Gegenteil, das Kommen und Gehen auf den Gängen, das Sprechen, Telefonläuten usw. entspricht der gewohnten schallreichen Welt des Vogels. Nicht einmal die lauten Luftschutzsirenen störten die Versuche, wenn nicht gerade an Schwellenwerten gearbeitet wurde!

Schallquellen. Nur bei den Klangfarbenversuchen wurden obertonhaltige Instrumente benutzt, in allen übrigen Versuchen möglichst obertonarme.

Reine Töne = einfache Sinusschwingungen kommen unter natürlichen Bedingungen zwar selten oder nie vor und bedeuten deshalb für das Tier einen biologisch ungewohnten Reiz. Trotzdem ist die Verwendung von reinen Tönen vorteilhaft, da man durch sie eine objektive Reizdosierung geben kann (genaue Frequenzen, Abstufung von Lautstärke und -dauer).

Die verwendeten Schallquellen sind mit ihrem Tonumfang auf Abb. 2 zusammengestellt.

Besondere Einrichtungen an den Schallquellen. Die *Edelmannpfeifen* wurden *mechanisch* angeblasen; denn beim Anblasen mit dem Mund läuft man Gefahr, den Ton unwillkürlich zu nüancieren und damit die Dressur zu beeinflussen.

Als Luftbehälter diente ein einfacher Ziehharmonikabalg, der an die Preßluftleitung des Institutes angeschlossen wurde. Durch entsprechende Konstruktion

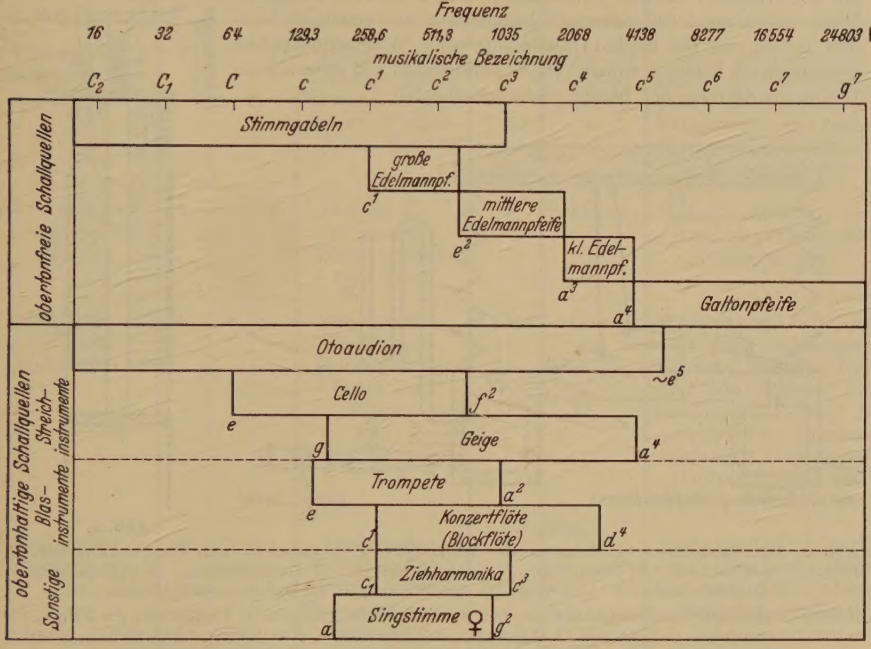

Abb. 2. Zusammenstellung der verwendeten Schallquellen mit ihrem Tonumfang. Die musikalischen Bezeichnungen an den Ecken der Kästchen bedeuten den Tonumfang der betreffenden Schallquelle.

(s. Abb. 3) wird der Druck der einströmenden Leitungsluft auf den für die Edelmannpfeifen erforderlichen Druck von 100 mm Wassersäule pro 1 qcm reduziert. Zur Erzeugung von Klängen[1] können gleichzeitig mehrere Pfeifen angeschlossen werden (P), so daß sich T-Stücke für diesen Zweck erübrigen. Die Tondauer wird mit einem Quetschtaster (Q) reguliert, der zwischen Balg und Pfeife an einem Gummiverbindungsstück (G) angebracht ist.

Für die Bestimmung von Frequenzschwellen genügte die einfache Mensurierung der Edelmannpfeifen nicht. Für kleinste Tonschritte mußte deshalb ein *Feineinstellungsmechanismus* (Abb. 4) angefertigt werden.

Durch die Umdrehung der Flügelschraube Fl wird die Fußplatte F um 1 mm vom Kolbenträger K abgerückt, wodurch die Luftsäule im Pfeifenrohr verkürzt wird: Erhöhung des Tons! Da die Tonhöhe nicht linear mit der Verkürzung eines schwingenden Mediums anwächst, ist der Frequenzzuwachs, der einer Spindelumdrehung entspricht, an jeder Pfeifenstelle verschieden; er läßt sich aber leicht

[1] Die Bezeichnung „Klang" wird immer im musikalischen Sinn gebraucht.

durch Kurveninterpolierung ermitteln. — Bei der mittleren Edelmannpfeife (vgl. Abb. 4) entsprechen 10 Umdrehungen dem Tonschritt e^2—f^2 = etwa 50 Hz; bei der kleinen Edelmannpfeife ungefähr dis^4—e^4 = 156 Hz : 5 Umdrehungen. Genauigkeit ± 1 Hz (Die Werte sind also nicht absolut genau!)

Auch an den *Stimmgabeln* mußten Veränderungen vorgenommen werden. Die Gabeln für tiefe Töne wurden innerhalb der vorhandenen Mensurierung noch weiter unterteilt. — Um in mittleren Lagen kleinste Frequenzunterschiede von wenigen Hz zu erhalten, wurde abwechselnd mit 2 Gabeln dressiert. Diese waren um 5 Schwebungen gegeneinander verstimmt worden, indem eine der beiden Gabeln mit einem Wachsklümpchen entsprechend belastet wurde. (Schwebungszahl pro Sekunde = Frequenzdifferenz der beiden Schallquellen!)

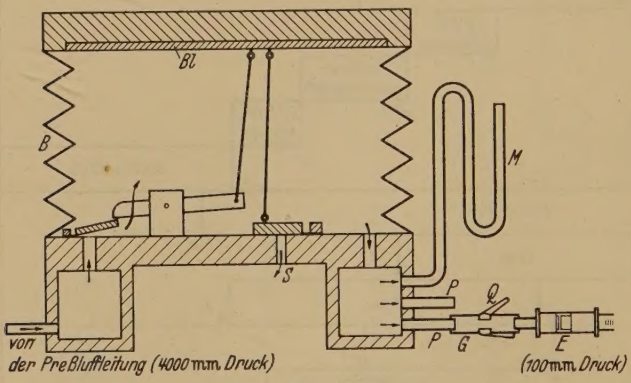

Abb. 3.

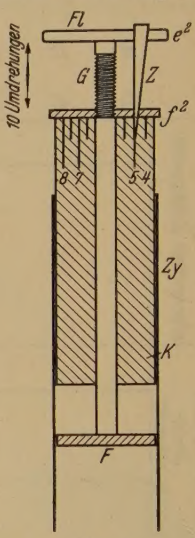

Abb. 4.

Abb. 3. Druckregulator für konstanten Anblasedruck (hergestellt von Oberwerkmeister Bräu). *B* Blasebalg, *Bl* Bleiplatte, *E* Edelmannpfeife, *G* Gummistück, *M* Manometer, *Q* Quetschtaster, *P* Anschluß für die Pfeifen, *S* Sicherheitsventilöffnung.

Abb. 4. Feineinstellungsmechanismus bei den Edelmannpfeifen. *F* Fußplatte, *Fl* Flügelschraube (Spindel), *G* Gewinde (1 Windung = 1 mm), *K* Kolbenträger, oben mit $^1/_{10}$ mm-Mensurierung, *Zy* äußerer gewöhnlicher Zylinder der Edelmannpfeife.

Aufbau der Dressur.

Vor Beginn der Dressur wurden die Tiere so gut wie möglich fingerzahm gemacht und an den Mechanismus der Futterklappe gewöhnt.

Zahl und Dauer der Versuche. Mit jedem Tier wurden täglich 20—60 Versuche vorgenommen. 1 Versuch dauerte 30—60 Sek., je nachdem, ob gefüttert wurde oder nicht. Die Tonreize erfolgten intermittiert (10 innerhalb 15 Sek.), um durch wiederholte akustische Reizung eine Steigerung der Aufmerksamkeit zu erzielen.

Zwischen je 2 Versuchen muß ein Mindestabstand von 30—60 Sek., (für die einzelnen Tiere verschieden) eingeschaltet werden, damit die Erregung des vorhergehenden Reizes sich nicht auf die nachfolgende Reaktion störend auswirkt und abklingen kann.

Bestrafung. Es wurde davon abgesehen, durch „Strafen" einen schnelleren Lernerfolg herbeizuführen. Es bestand die Gefahr, daß man die Tiere dadurch einschüchterte und für längere Zeit versuchsuntauglich machte. Denn sowohl Heinroth als auch Lukanus warnen davor, „den Vogel durch Strafen zu beleidigen". Die Erinnerung an ein Schreckerlebnis prägt sich nämlich gerade den Vögeln besonders fest ein und läßt sich nur schwer wieder beseitigen, da es auf dem Weg der

Assoziation stets von neuem wach wird. — Außerdem wurde die Dressuraufgabe in den meisten Fällen so rasch erlernt, daß sich besondere „Schreckmittel" sowieso

Tabelle 1.

Versuchstiere	Zahl der im ganzen untersuchten Tiere			Futter[1]	g pro Tag	Dressureignung	Kurze Charakteristik der benutzten Tiere
	n	♂	♀				
Wellensittich, Melopsittacus undulatus	7	5	2	Anspruchslos, verträgt Durst, Hunger. Sittichfutter, *Kolbenhirse,* Salat!	8 bis 10	Sehr gut bis sehr schlecht	Leicht zähmbar, lebhaft, gute Auffassungsgabe und Gedächtnis; als Versuchstier am besten geeignet, individuell sehr verschieden
Kreuzschnabel, Loxia curvirostra	1		1	*Fichten-Kiefernsamen,* Waldvogelfutter, Salat	15	Sehr gut!	Leicht zähmbar, zutraulich, intelligent (eingegangen)
Hänfling, Carduelis cannabina	1	1		Gemischtes Waldvogelfutter, wenig Salat und Wasser	12 bis 14	Ganz gut	Steppenvogel! Bei Annäherung aufgeregtes Flattern, sehr schlecht zähmbar. Rasche Auffassungsgabe, aber für schwierigere Dressuraufgaben ungeeignet (Unterscheiden von kleinen Tonschritten)
Erlenzeisig, Carduelis spinus	2	2		*Distelsamen,* Rübsen, gem. Futter, keine Glanzsamen und Glanzhirse! Salat	13	Gut	Nicht sonderlich intelligent, aber leicht zähmbar und für einfache Aufgaben geeignet
Stieglitz, Carduelis carduelis	1	1		*Erlensamen,* Rübsen, sonstige Samen, Distelsamen	12	Sehr schlecht	Zähmbar, aber recht scheu und ziemlich „dumm", ungeeignet
Girlitz, Serinus canarius serinus	1	1		Wie Kanarienvögel	5	Mäßig	Leicht zähmbar, nur für einfachste Futterdressuren geeignet
Kanarienvogel	4		4	Kanarienfutter, gern Glanzfutter und Rübsen, Früchte	5	Sehr schlecht	Sehr leicht zähmbar, aber nicht einmal für allereinfachste Futterassoziationen fähig
Star, Sturnus vulgaris	1		1	Gem. Weichfutter, Früchte	20	Gut	Leicht zähmbar, rasche Auffassungsgabe, intelligent (leider eingegangen)

[1] Kursiv bedeutet besonders geschätztes Futter.

Tabelle 2. Erste Andressur eines Futter- und eines Gegentones zur Versuchs-

(Futterton: F = e^2,

Lfd. Vers.-Nr.	Wellensittich W_1 Schwups		Sittich W_3 Axi		Sittich W_2	Sittich W_4		Girlitz	
	F	G	F	G	F	F	G	F	G
1— 10	10	6	10	5	10	0	3	6	6
10— 20	2	3	2	3	9	5	8	6	7
20— 30	0	0	0	3	5	4	9	0	8
30— 40	0	0	0	0	4	7	7	0	5
40— 50	0		0		8	2	7	0	7
50— 60					6	0	3		7
60— 70					4	1	1		6
70— 80					3	0	0		7
80— 90					4	0			4
90—100					10				0
100—110					5				8
110—120					4				5
120—130					8				3
130—140					5				7
140—150					6				
150—200					21				
200—250					8				

Die Ziffern in den Längsrubriken bis zu Versuchsnummer 150 bedeuten Anzahl

erübrigten. An Stelle von „Warnton", d. h. Dressurton ohne Futtersinn, wurde deshalb die neutrale Bezeichnung „Gegenton" eingeführt.

Auswertung der Beobachtungen. Die Beurteilung der Ergebnisse ist oft nicht ganz leicht, besonders bei schwierigeren Aufgaben, wo das Tier eine gewisse Unsicherheit an den Tag legt. Viele Reaktionen lassen sich nicht einfach in „richtig" oder „falsch" einteilen, sondern es ergaben sich Intensitätsgrade nach der einen oder anderen Seite hin, die ebenfalls keine absoluten sind, sondern nur im unmittelbaren Zusammenhang mit der augenblicklichen Versuchsreihe eine Deutung zulassen. Zur besseren Auswertung wurden deshalb folgende Zeichen eingeführt: + ausgeprägt positive Reaktion, ○ Reaktion noch als positiv zu werten, aber weniger überzeugend, | Reaktion neigt schon mehr zur negativen Seite, aber nicht eindeutig, — eindeutig falsch (vgl. z. B. Tabelle 19!)[1].

Versuchstiere. Wellensittiche erwiesen sich für die Dressur am geeignetsten; allerdings gab es unter ihnen auch einige ganz „hoffnungslose" Individuen. Auch der *Kreuzschnabel* war zutraulich und gelehrig, was artcharakteristisch ist, da auch Heinroth ähnliches anführt. Beim *Hänfling* störte die große Scheuheit; selbst jung aufgezogene Tiere sollen nach Heinroth diese Scheuheit niemals verlieren (Steppenvogel!). Weitere Versuchstiere: Zeisige, Kanarienvögel, Stieglitz, Girlitz, Star. — Tabelle 1 gibt eine Zusammenstellung der Versuchstiere mit kurzer Charakteristik und Angaben über Dressureignung, ihrem täglichen Futterbedarf und der Futterbeschaffenheit.

[1] Reaktionen, die eigentlich eine „Zwischennote" erfordert hätten (z. B. zwischen ○ und |) wurden aus Gründen der Übersichtlichkeit trotzdem nur mit einer der 4 Noten bewertet. Eine gewisse Subjektivität bei der Beurteilung ist unvermeidbar.

Veranschaulichung der Lerngeschwindigkeit bei den verschiedenen tieren.

Gegenton: G = g^3.)

Hänfling		Kreuzschnabel		Zeisig Fips		Zeisig Cyklops		Stieglitz	Kanari 1	Kanari 2
F	G	F	G	F	G	F	G	F	F	F
9	10	10	6	1	8	10	6	10	10	8
0	3	2	3	0	6	3	4	10	10	8
0	8	0	0	1	5	0	2	8	10	9
3	8	0	0	1	3	0	1	8	9	8
0	7	0		0	3	0	0	5	10	10
	5			1	2			1	10	9
	4			0	2			3		7
	2				1			4		9
	2				0			9		10
	1									
	0									

der Fehler bei je 10 Versuchen, von Nr. 150—250 bei je 50 Versuchen.

III. Die Andressur.

Bei den einzelnen Tieren, auch innerhalb derselben Art, war eine ganz verschieden lange Lernzeit nötig, um eine gestellte Aufgabe fehlerfrei zu beherrschen. So wird z. B. aus Tabelle 2 ersichtlich, daß der Sittich „Schwups" die Futterassoziation nach 10—20 Versuchen (genau: nach dem 12. Versuch) ausgebildet hatte, während der Sittich W_2 nach 200 Versuchen es noch nicht gelernt hatte, der Sittich W_4 brauchte 50 Versuche, der Hänfling 40 usf. Bei der Abdressur des ersten Gegentones (Dezime) machte „Schwups" in den Versuchen Nr. 10—20 nur noch 3 Fehler und schon nach 20—30 Versuchen 0 Fehler; der Hänfling reagierte fehlerfrei erst nach 110 Versuchen, der Kreuzschnabel nach 20 Versuchen, der Zeisig „Fips", der den Futterton (F) sehr schnell gelernt hatte, auch erst nach 90 Versuchen; der Girlitz, der Stieglitz und die Kanaris lernten die Aufgabe überhaupt nicht. Andere brauchten zur Futterassoziation ziemlich lange, zeigten sich dann aber bei den Differenzdressuren recht gelehrig (W_4).

Das Verhalten der Tiere während eines Versuches war außerordentlich verschieden. Rasche Auffassungsgabe, gutes Gedächtnis, geistige und körperliche Beweglichkeit stehen im Gegensatz zu „langer Leitung", Vergeßlichkeit, Phlegma und starken motorischen Hemmungserscheinungen.

Reaktion beim Futterton. Für das Zustandekommen einer Futterreaktion ist ein gewisser „Antrieb" (vgl. Fischel 1926) nötig, d. h. eine

Summe von inneren und äußeren, die Freßreaktion auslösenden Reizen. Selten stürzten die Tiere reflexartig zum Futterplatz, auch nicht nach längeren Fütterungspausen. Die Reaktion erfolgte sichtlich nach „Gutdünken", mal früher, mal später. Vom ersten „Bemerken" des Tons bis zum endgültigen Freßakt läuft eine mehrphasige Reaktionskette ab, die nicht unbedingt zu Ende geführt werden muß, sondern an jeder beliebigen Stelle abgebrochen werden kann (über Hemmungen bei der FR[1] s. psychologische Erörterungen, S. 226).

Verhalten beim Gegenton. Der Schallreiz wurde entweder völlig ignoriert (Gründe: Guter Lernerfolg, Beherrschung! Freßunlust! Mangelnde Aufmerksamkeit!) oder es bemächtigte sich des Tieres eine allgemeine motorische Unruhe: Auf- und Abflattern, auf der Sitzstange hin- und hertrippeln (TR), Kopfpendeln (PR)[2], Laute des Unbehagens (bei den Sittichen besonders charakteristisch!); manchmal äußerte sich diese „Beherrschungsreaktion" in einem konfliktzerrissenen Hin und Her zwischen Freßbegierde und Beherrschung, wobei die Futterreaktion (FR) mehrfach angebahnt wurde, aber mit einem sichtlich „schlechten Gewissen".

IV. Versuche über die physiologische Leistungsfähigkeit des Vogelohrs.

Den nachfolgenden Untersuchungen sei die Annahme zugrunde gelegt, daß das schräg verlaufende Fasersystem in der Zona pectinata der Basilarmembran als Resonanzapparat wirkt[3].

Die *Länge* dieser „Resonatoren" ist bei Mensch und Vogel nahezu gleich: An der Schneckenbasis mißt eine Faser 0,041 mm, in der Mitte 0,41 mm und nahe der Spitze 0,50 mm; außerdem findet in der *Vogelschnecke* ganz am äußeren Ende nochmals eine *Verkürzung* der *Fasern* statt, die dem Ohr des Säugetieres und des Menschen fehlt. Allerdings müssen diese Radiärfasern, ähnlich den Saiten unserer Musikinstrumente, in Dicke, Spannung und Belastung variieren, da sie für die Resonanz auf tiefe Töne wesentlich länger sein sollten[4]. Wenn wir sie außerdem

[1] Folgende Ausdrücke wiederholen sich des öfteren und werden deshalb von nun an abgekürzt gebracht: Futterton F, Gegenton G, Futterreaktion FR, Beherrschungseaktion beim G GR, Latenzzeit L, Futterklappe Kl, Versuchstier Vt, Kontrollversuche K, Zahl der Versuche n, spontan sp.

[2] Pendelbewegungen als Ausdruck von Erregungszuständen führt auch Tullio für Tauben an. Auf das bekannte „Weben" der Pferde (von Holzapfel näher untersucht), sowie auf das Pendeln von erregten Bären oder Seehunden sei hier ebenfalls hingewiesen.

[3] Es ist fraglich, ob die Basilarfasern wirklich resonanzfähig sind, da sie Denker in geschlängeltem Zustand vorfand, also als „Saiten", die wohl kaum in Schwingung versetzt werden können. Allerdings kann diese Schlängelung auch eine postmortale Entspannung sein.

[4] So müßte z. B. die auf A abgestimmte Faser 1024mal länger als die „a^3-Saite" sein. Leider ist aus technischen Gründen über die Gestaltsverhältnisse der Basilarfasern (bezüglich Dicke und Belastung) nichts bekannt.

noch als gedämpfte Systeme auffassen, so könnte die gesamte Basilarmembran auf ein ziemlich großes Resonanzbereich ansprechen. Somit *besteht auf Grund der anatomischen Voraussetzungen die Möglichkeit, daß der Hörumfang des Vogels dem des Menschen zum mindesten ziemlich ähnlich ist.*

Für die *Unterscheidung verschieden hoher Töne* sind die anatomischen Verhältnisse der Vogelschnecke bedeutend ungünstiger. Nur im mittleren Tonbereich könnte evtl. die Unterschiedsempfindlichkeit des Vogels der des Menschen entsprechen. Denn es findet sich (etwa im 2. Drittel der Schnecke) bei Mensch und Vogel auf 1 mm der Membran beinahe dieselbe Anzahl von Basilarfasern: Mensch 400 (nach Hensen) bzw. 713 (nach Retzius), Papagei 462 (nach Denker). Da aber nur 1200 Fasern im ganzen vorhanden sind, so kann, auf den Grundlagen der Helmholtzschen Theorie, der Vogel in *allen* Lagen wohl kaum so viel Unterschiedsstufen analysieren wie der Mensch. Denn dieser unterscheidet nach Denker innerhalb 1 Oktave schon 1200 verschieden hohe Töne. Für eine schlechtere Unterscheidungsfähigkeit besonders in den *tieferen* Lagen spricht auch die Art, wie die Fasern auf der Basilarmembran verteilt sind. Es gibt eine mittlere, über $^3/_4$ der gesamten Membranlänge sich erstreckende Zone von Fasern mit sehr geringen Längenunterschieden (kaum merkliche, sich allmählich vollziehende Längenzunahme von 0,28 mm unweit des proximalen Endes bis auf 0,50 mm nahe der Lagena), und weiterhin an den *beiden* Enden der Grundhaut 2 Zonen mit rasch sich verkürzenden Fasern. „Resonatoren" für hohe Töne (kurze Fasern!) sind somit immerhin zahlreicher vorhanden als für tiefe, jedoch sicherlich weniger als im menschlichen Ohr, wo die Faserzahl das 20fache beträgt (24000 gegenüber 1200) und ihre Länge viel gleichmäßiger von der Schneckenbasis zur Spitze zunimmt (vgl. S. 170).

Innerhalb einer bestimmten Tonspanne der mittleren Tonlagen könnte die Empfindlichkeit für Frequenzunterschiede demnach verhältnismäßig gut sein, während sie sich in den hohen Lagen merklich verschlechtern müßte, ganz besonders aber in den tiefen.

Bei Gültigkeit der Helmholtzschen Hypothese würden also die *anatomischen* Voraussetzungen für einen *ähnlich großen Hörumfang, aber für eine schlechtere Unterscheidungsfähigkeit, verglichen mit den Verhältnissen beim Menschen*, sprechen[1].

Die *physiologischen* Gehörprüfungen über *Hörumfang* und *Unterschiedsempfindlichkeit* sollen zeigen, wie weit sich diese Voraussetzungen

[1] Hierzu möchte ich kurz Alfred Denkers Auffassung erwähnen, die er auf Grund seiner Untersuchungen gewonnen hatte: „... Wir sind keineswegs zu der Annahme berechtigt, daß der Papagei wie der Mensch 11—12 Oktaven zu perzipieren imstande ist.... Auch können wir durchaus nicht ohne weiteres annehmen, daß das Papageienohr die so außerordentlich feine Unterschiedsempfindlichkeit für verschieden hohe Töne besitzt wie das menschliche Ohr..."

bezüglich der akustischen Leistungen des Vogels bewahrheiten, und ob sie sich mit der Helmholtzschen Resonanztheorie in Einklang bringen lassen (vgl. Helmholtz 1913).

1. Der Hörumfang.

Bestimmung der unteren Hörgrenze[1]. Will man feststellen, welche kleinste Anzahl von Sinusschwingungen gerade zu einer Tonwahrnehmung genügen, so darf man *nicht mit zu schwachen Schallquellen* arbeiten. Je mehr man sich der unteren Hörgrenze nähert, um so geringer wird bei gleicher oder sogar wachsender Amplitude die subjektive Intensität der Töne. Ist nun gleichzeitig auch die objektive Intensität gering, so läßt es sich schwer entscheiden, ob die untere Hörgrenze durch die Lautstärke oder durch die Schwingungszahlen pro Sekunde bedingt ist. Sehr *tiefe* und gleichzeitig *lautstarke Töne* sind aber reich an *Obertönen*, die in diesem Bereich sogar deutlicher als der Grundton hervortreten. Man hat somit die Wahl zwischen *lautschwachen, obertonarmen* und *lautstarken, obertonreichen* Schallquellen.

Bei den vorliegenden Gehörprüfungen wurden in den Vorversuchen lautstarke, obertonreiche Instrumente verwendet (Cello und Otoaudion[2]), um einen ungefähren Überblick von der voraussichtlich in Frage kommenden Grenzzone zu erhalten, bei den Hauptversuchen dagegen wurde mit den obertonarmen Stimmgabeln gearbeitet.

Cello. Nach kurzer Andressur auf tiefe Töne wurde bis zum C (64 Hz) herab die gesamte Tonskala mit FR beantwortet (Vt „Schwups"). Es werden also sicherlich noch tiefere Töne als *64 Hz* (bzw. 128 Hz = 1. Oberton, ziemlich stark hervortretend) gehört.

Otoaudion. Die Lautstärke sinkt von ungefähr 100 Hz an ganz bedeutend. W_5 („Puck") reagierte, wenn auch zögernd, noch bei *60 Hz.*

Stimmgabeln. Als Schallverstärker bewährte sich ein Resonanzkasten von 15 cm Höhe und 30 cm Länge mit offenen Schmalseiten und paralleler Holzfaserung. Um harte, unperiodische Schwingungen zu vermeiden, wurde die Gabel auf ein Filz gesetzt. Zur Isolierung gegen Vibrationen der Unterlage (Tastgefühl!) stand der Käfig auf einem Luftkissen.

Vt: 2 Sittiche (Puck, Schwups), 1 Zeisig (Fips). Um entscheiden zu können, ob wirklich der *Ton* und nicht der Gabel*anschlag* als Reiz aufgenommen wird, wurde von vornherein eine Unterscheidungsdressur Ton—Geräusch (Anschlag + stummes, aber kräftiges Aufsetzen) durchgeführt.

Mit „Fips" und „Puck" wurden zusammen 674 Versuche gemacht. Ausgangston 400 Hz.

a) Der *Zeisig* reagierte bis *100 Hz* positiv (also mit FR). Die weiterhin negativen Ergebnisse sind vielleicht mit einer Beinverletzung während der Dressur zu erklären.

[1] Vgl. Schaefer: S. 231, Schriftennachweis.

[2] Bei dem Otoaudion beruht ein Ton auf der Differenzschwingung zweier hochfrequenter Röhren.

b) Der Sittich „Puck" war ausschließlich auf tiefe Töne dressiert worden. Gute FR bis *50 Hz*.

Zur selben Zeit setzten jedoch auch bei diesem Vt allgemeine Unstimmigkeiten ein (Freßunlust, Stoffwechselstörungen), so daß auch diese Ergebnisse nicht ausreichen.

Mit dem Sittich „Schwups" wurden 2 Versuchsreihen durchgeführt (Juni-Juli 1937 und Juli 1938).

Versuchsreihe 1. 783 Versuche, ohne Resonanzkasten.

Da bei der kontinuierlich absteigenden Dressur immer einwandfreie FR erfolgte, wurde mit den Kontrollversuchen erst bei 40 Hz begonnen. Es zeigte sich dabei, daß beim bloßen Abreißen des Stimmgabelerregers FR erfolgte. Es wurde deshalb auf 150 Hz zurückgegangen und mit Kontrolltönen abgewechselt. Beginnende *Unsicherheit* von *50 Hz abwärts*. Allerdings nimmt in diesem Bereich auch die Lautstärke erheblich ab, so daß es schwer zu entscheiden ist, ob die *Frequenz*schwelle oder nur die Intensitätsschwelle in diesem Tonbezirk erreicht wurde. Daß wirklich der Grundton und nicht einer der Obertöne für die FR maßgebend war, zeigen die Ergebnisse der Differenzdressuren (S. 199): Es konnte der 1. Oberton (Oktave) sicher als Gegenton unterschieden werden.

Versuchsreihe 2. Zur Verstärkung der Stimmgabeltöne wurde ein Resonanzkasten verwendet. Bis ungefähr 40 Hz waren die Töne ziemlich lautstark.

Von Anfang an wurde das Anschlagegeräusch (s. S. 180) als Gegen„ton" abdressiert. Mit F — 300 Hz wurde begonnen und dann ziemlich rasch bis auf 100 Hz herabgestiegen. Unterhalb von 100 Hz wurde zunächst nicht gefüttert, um eine gegensinnige Reaktionsbeeinflussung zu vermeiden. Fütterung fand bei eingestreuten Tönen von 100—150 Hz statt.

Von 70 Hz an wurden die Reaktionen zögernd, Verlängerung der Latenzzeit (s. S. 184 unten!), sichtliche Unentschlossenheit des Tieres, so daß eine längere Dressur (mit Fütterung!) auf den Ton 70 Hz eingeschaltet werden mußte.

Die 150 Versuche (Futterton im Wechsel mit dem Kontroll„ton") ergaben eindeutig, daß *70 Hz* noch als *Ton* perzipiert wird.

In weiteren 167 Versuchen wurde das Grenzgebiet abgetastet:

Tabelle 3. Ergebnisse der Stimmgabelversuche zur Ermittlung der unteren Hörgrenze.

(Versuchstier: Sittich „Schwups".)

F in Hz	n		FR		Zweifelhaft		Keine FR		Eindeutige Ergebnisse in %			
	F	stummer Anschlag	F	K	F	K	F	K	+ [1] F	+ [1] K	— F	— K
60	15	25	12	18	2	4	1	3	80	72	7	12
50	30	55	20	30	6	17	4	8	67	55	13	15
40	22	20	10	10	5	3	7	7	45	50	32	35

[1] Bei K Kontrollton bedeutet + keine FR, — FR.

Weitere unbeeinflußte Versuche (ohne Fütterung) konnten leider nicht durchgeführt werden, da die biologische Bedeutung des F zu erlöschen begann.

Aus der Tabelle 3 geht hervor, daß bei *40 Hz* (für unser Ohr noch deutlich als Ton hörbar!) die *ungefähre untere Grenze* für den Wellensittich liegen muß. Dieses Ergebnis stimmt mit dem der 1. Versuchsreihe überein, wo auch bei 40 Hz die Verwechslung mit dem Kontroll„ton" an die mittlere Fehlerhäufigkeit herankam.

Auch die Reaktionsträgheit und die zweifelhaften Ergebnisse beim Sittich „Puck" und dem Zeisig könnten mit der schlechteren Perzeptionsfähigkeit tiefer Töne zusammenhängen.

Die obere Hörgrenze. Schallquellen, die weit über das musikalische Bereich lautstarke, klare Töne liefern, gibt es leider nicht. Trotz ihrer verschiedenen Mängel (vgl. Stetter, S. 369) wurde die *Galtonpfeife* verwendet (vgl. Doederlein 1921), teils unter Benützung des dazugehörigen Ballgebläses, teils durch Anschluß an den Druckregulator. Mit steigender Schwingungszahl nimmt das Blasegeräusch der Pfeife so stark zu, daß der eigentliche Ton schließlich fast überdeckt wird. Um entscheiden zu können, ob der objektive Pfeifenton oder der Schneidenton des Gebläses in den hohen Lagen die FR auslöst, wurde von Anfang an eine Unterscheidungsdressur Ton—Blasegeräusch vorgenommen.

Da die Vogelschnecke, im Gegensatz zu den übrigen Wirbeltierlabyrinthen, eine *Verschmälerung der Grundhaut* an der Basis und an der *Spitze* aufweist, und da auch die stimmlichen Äußerungen der meisten Vögel (jedenfalls Singvögel) in der 4—5 gestrichenen Oktave liegen, so dürften günstige Voraussetzungen für die *Perzeption hoher Töne* bestehen. Auch Goebel kommt bei seinen Untersuchungen zu der Auffassung, daß „die Vogelschnecke für mittlere und hohe Töne besonders geeignet scheint".

Vt: Kreuzschnabel, 2 Wellensittiche.

Zur Ermittelung des oberen Grenzwertes wurde ähnlich wie bei den Stetterschen Versuchen vorgegangen: Erst längere Dressur auf einen bestimmten Ton; dann rasches Hinaufsteigen, ohne die einzelnen Töne dressurmäßig festzulegen. Bei negativer Reaktion (keine FR) wird sofort wieder zurückgegangen auf eine Tonhöhe, die bestimmt noch gehört wird, und die durch ausgiebige Wiederholung sichergestellt wird. Darauf wieder höhere Töne, dazwischen tiefere, wieder vorsichtiges Nachobentasten, so lang, bis die Stelle ermittelt ist, wo vorwiegend negative Reaktionen vorkommen.

Die Fehlerzahl beim bloßen Blasegeräusch hilft ebenfalls zum Auffinden der oberen Grenze.

a) Mit dem *Kreuzschnabel* wurden 2 Versuchsreihen mit zusammen 315 Versuchen durchgeführt (s. Abb. 5 und Tabelle 4).

Die Fehlerhäufigkeit bei a^5 und das Absinken der Fehlerkurven zwischen c^7 und d^7 ist wohl auf sekundäre Einflüsse zurückzuführen.

b) Wellensittich W_3. Dieses Tier stand unter starken Hemmungen (vgl. S. 226), so daß die Versuche mit Vorsicht zu bewerten sind. Trotzdem möchte ich die Ergebnisse kurz anführen:

Bei den 2 Versuchsreihen mit zusammen 394 Versuchen verliefen die Reaktionen derart, daß bis g^6 im großen und ganzen keine Fehler gemacht

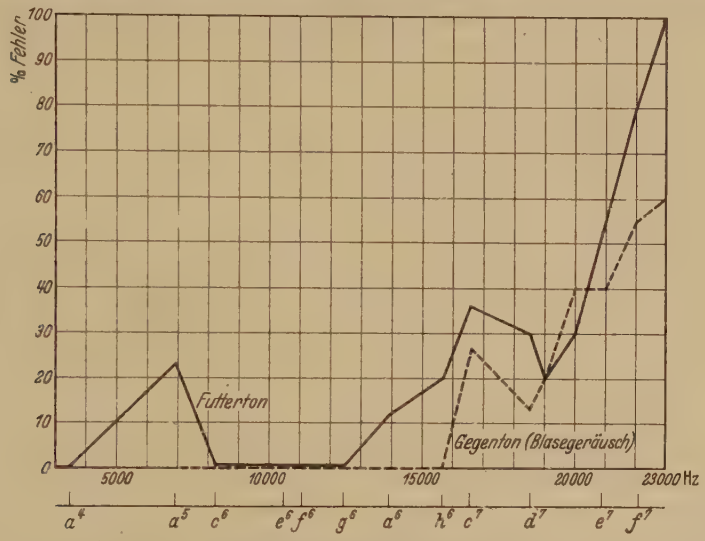

Abb. 5. Obere Hörgrenze. Zunahme der negativen Reaktionen mit steigender Frequenz. Versuchstier: Kreuzschnabel.

wurden. Bei a^6 antwortete das Tier von jeweils 14 Futterversuchen 3mal bzw. 5mal nicht mit FR (1. und 2. Versuchsreihe), also 21% bzw. 35%

Tabelle 4. Obere Hörgrenze. Kreuzschnabel.
(2 Versuchsreihen mit zusammen 315 Versuchen.)

Höhe des F	n	n: negative Reaktion	Negative Reaktion in %	n: K-Versuche	n: negative Reaktion	In %
a^4	10	0	0	10	0	0
a^5	55	13	24	5	0	0
c^6	4	0	0	2	0	0
e^6	2	0	0	—	—	—
f^6	10	0	0	5	0	0
g^6	4	0	0	2	0	0
a^6	8	1	12	4	0	0
h^6	5	1	20	3	0	0
c^7	36	13	36	15	4	27
d^7	20	6	30	6	1	13
19000 Hz	10	3	20	5	1	20
20000 Hz	18	6	30	5	2	40
21000 Hz	15	8	53	10	4	40
22000 Hz	10	8	80	9	5	55
23000 Hz	22	22	100	5	3	60

Fehler. Da jedoch auch bei tieferen F (z. B. e^2) die FR manchmal ausblieben oder erst nach langer Latenzzeit erfolgten, so können die Fehler bei a^6 außer mit der Tonhöhe auch mit dem allgemeinen Hemmungszustand des Tieres erklärt werden. Denn bei h^6 gab es wieder weniger Fehler, und bis d^7 nahmen sie unregelmäßig teils zu teils ab. Von 19000 bis 22000 Hz stieg dann der Fehlerprozentsatz rasch von 27% auf 61% an.

Diese Ergebnisse stimmen also trotz der Unsicherheit der Versuche mit denen beim Kreuzschnabel und beim Sittich Schwups ermittelten weitgehend überein.

c) Wellensittich „Schwups". Mit diesem Tier wurden Spontanversuche auf den F = e^6 angestellt, und zwar direkt im Anschluß an Versuche, bei denen *Klänge* Futtertonbedeutung hatten.

Trotzdem das Tier ausgezeichnet für Tondressuren geeignet ist, ignorierte es den neuen Futterton vollkommen, auch dann, wenn das Futter während der Tondarbietung sichtbar war. Höchstens, daß das Vt schließlich zögernd bis zur Klappe kam, aber es kehrte meist gleich wieder um, ohne nur 1 Körnchen angerührt zu haben. Für das Verhalten des Tieres schien es 2 Erklärungen zu geben:

1. der Ton e^6 (10427 Hz) liegt schon über der oberen Hörgrenze des Tieres oder
2. das Vt befindet sich augenblicklich in einem allgemeinen Hemmungszustand (vgl. psych. Erörterungen S. 226).

Die letztere Annahme wurde sofort durch die prompten Futterreaktionen auf den Ton e^4 (2606 Hz) widerlegt. Aber auch die erstere Möglichkeit lag nicht vor, denn nach der Zwischendressur auf e^4 wurde auch der Ton e^6 einwandfrei beantwortet.

Die Beobachtung läßt sich nur dadurch erklären, daß *bei objektiv gleichbleibenden Reizen die tierischen Reaktionen eben nicht unveränderlich, sondern immer nur „Reaktionen unter bestimmten Bedingungen" sind*; aus dem situationsgemäßen Hintergrund und der individuellen Vorgeschichte reift der Impuls zu einer Reaktion heran (vgl. Alverdes 1932). Man muß also bei der Auswertung experimenteller Ergebnisse sehr vorsichtig sein.

Es wurden 200 Versuche durchgeführt, wobei ausgiebig mit Kontrolltönen abgewechselt wurde. Bei allen nicht ganz klaren Futterreaktionen fand keine Fütterung statt.

Ergebnis. Bis a^6 (13920 Hz) antwortete das Tier mit einwandfreien und spontanen FR. Die Kontrollversuche mit dem Blasegeräusch fielen zu 75% positiv aus[1]. Ab a^6 wurde das Verhalten unsicher, Trippeln, unschlüssiges Vor und Zurück, Laute des Unbehagens usw. Ab c^7 (33108 Hz) fielen die Kontrollversuche zu 90% negativ aus (also Futterreaktion!).

Somit würde bei diesem Sittich die obere Hörgrenze etwas tiefer als bei den beiden anderen Tieren liegen.

Die bei den 3 Vt erhaltenen Grenzwerte finden eine weitere Bestätigung in den zunehmend verzögerten und zweifelhaften Reaktionen bei hohen und höchsten Tönen: Insbesondere verlängert sich die *Latenzzeit*, d. i. die Zeit, die verstreicht vom 1. Schallreiz bis zum 1. deutlich *sicht-*

[1] Das Tier reagierte also in den meisten Fällen mit Beherrschung (GR), und nur zu 25% falsch (mit FR), s. S. 181, Anm. 1.

baren Ansatz zur Freßreaktion. (Über den Begriff „Latenzzeit" in der neurologischen Bedeutung vgl. Bethe, Brücke, Steinhausen, Wirth.)

In den folgenden Tabellen gebe ich die Latenzzeiten von dem Kreuzschnabel und dem Sittich W_3. Die Zahl der Versuche, bei denen die FR in 0—5 Sek., 6 bis 15 Sek. usw. erfolgte, ist in Prozent angegeben.

Die Tabellen veranschaulichen die Abhängigkeit des Eintritts der Reaktion von der Tonhöhe. Die Schwankungen in den Werten zeigen, daß natürlich keine strenge Gesetzmäßigkeit besteht; die verschiedensten Ursachen (Freßunlust, Lärm usw.) können ebenfalls die Latenzzeit beeinflussen. Ab c^7 scheinen sich die Tiere vorwiegend nach dem Blasegeräusch zu richten (vgl. auch Tabelle 4).

Tabelle 5. Kreuzschnabel.

Tonhöhe	Anzahl der Futterreaktionen (in %), die einsetzten nach:				
	0—5″	6—15″	16—25″	26—35″	Später als 35″
a^4	100				
a^5	71	12	9	7	1
a^6	100				
f^6	60	20		15	5
c^7	30	8	13	13	36
d^7	10	15	48		27
19000	25	12,5	12,5	12,5	37,5
20000	8	33	18	8	33
21000	14,3	14,3		14,3	57

Tabelle 6. Wellensittich W_3.

Tonhöhe	Anzahl der Futterreaktionen (in %), die einsetzten nach:				
	0—5″	6—15″	16—25″	26—35″	Später als 35″
a^4	92		8		
a^5	62	15	10	5	8
e^6	23,5	23,5	17	30	6
g^6	50	20	20	5	5
a^6	33	26	15	15	11
c^7	17	23,5	7	7	45,5
d^7	25	5		25	45
19000	15		20	27	48
20000	30	23,5	11,5	11,5	23,5
21000	25,5	12,5		23,5	38,5
23000	6		12	20	62
24000			10	30	60

Zusammenfassung (Hörumfang):

Mit den verwendeten Schallquellen ergab sich somit eine durchschnittliche untere Hörgrenze von etwa 40 Hz, und eine obere bei 19—20000 (Kreuzschnabel) bzw. bei 14—16000 Hz (2 Sittiche). Der Gesamtumfang beträgt also im Bestfall 8—9 Oktaven, also 3—4 Oktaven weniger als beim Menschen. Der Unterschied liegt besonders bei der unteren Grenze. Im Hinblick auf die geringe Zahl der Basilarfasern ist jedoch die wahrnehmbare Tonspanne sehr beachtlich.

2. Bestimmung der Unterschiedsschwellen.

Beim *Menschen* ist die Unterschiedsempfindlichkeit nach Stumpf und Meyer in den einzelnen Tonlagen verschieden. Musikalisch geübte und Scharfhörige können in der *mittleren* Region des Tonbereichs bei sukzessiven Tönen noch eine Distanz von *0,3%* (0,3—0,5 Hz) unterscheiden.

Bei Gleichzeitigkeit der Töne muß der Tonschritt mindestens 10—20 Hz betragen. In *sehr hohen* bzw. *sehr tiefen* Lagen liegt die Unterschiedsschwelle für aufeinanderfolgende Töne bei *1%*. Dies sind jedoch optimale Leistungen. Ungeschulte und Unmusikalische können vielfach kaum einen Quartenschritt unterscheiden (v. Kries gibt dies z. B. von dem Physiker A. König an). In der Nähe der Hörgrenzen verschlechtert sich das Unterscheidungsvermögen selbst bei Geübten bis zu einer Oktave. Als Grund hierfür läßt sich die nachgewiesen geringere Anzahl kurzer Basilarfasern (also der „Resonatoren" für hohe Töne) anführen. Aber es werden wohl auch zentrale Verhältnisse mitspielen, da sich im histologischen Bau des Cortischen Organs wohl kaum bedeutsame Unterschiede bei musikalischen und unmusikalischen Menschen feststellen lassen (Schaefer und Giesswein).

Was die Unterscheidungsfähigkeit der *Vögel* betrifft, so geben A. Jellineck und Wassiliew an, daß Tauben im Bestfall 1 Halbton in der 2—4-gestrichenen Oktave differenzieren, in der 6-gestrichenen nur noch Terzen.

Nach dem *Gesang* der Vögel zu urteilen, muß das Intervallhören — jedenfalls bei unseren guten Sängern — aber weitaus besser entwickelt sein. Bei dem Wintergoldhähnchen z. B. wird das Intervall 1 Halbtons oft durch eine Stufenleiter von 5 und mehr Tönen ausgefüllt (nach Stadler).

Differenzdressur in mittleren Lagen.

Wie wir oben sahen, hatten die meisten Tiere es gelernt, von dem Futterton e^2 den um 1 Dezime höheren Gegenton g^3 zu unterscheiden (vgl. Kap. Andressur, Tabelle 2). Bei einigen (z. B. Kreuzschnabel, Sittich „Schwups") schienen hierfür überhaupt keine Anlernversuche nötig zu sein, da die Primärreaktionen auf den G kaum Fehler aufwiesen.

1. Versuchsreihe. Es sollte deshalb bei einem der Vt (Sittich „Schwups") mit *Testversuchen* festgestellt werden, ob und wieweit die Bedeutung des F sich auf die Nachbartöne auswirkt. Damit sich nicht einfach nur die Assoziation „alle Töne höher oder tiefer als der F = Gegentöne" ausbildete, so wurde die Aufgabe erschwert, indem die Tonspanne des Dressurbezirks durch Einführung eines zweiten F (a^3) eingeengt wurde.

Die ersten Versuche verliefen negativ, d. h. außer dem oberen und unteren Futterton lösten auch Töne aus dem umgebenden F-Bereich die Futterreaktion aus. Aber schon nach 11 Versuchen hatte das Tier die Aufgabe begriffen. Die in beliebigem Wechsel dargebotenen Gegentöne (u. a. auch g^3, der nur durch 1 Sekundenintervall von dem F = a^3 getrennt ist) wurden nicht oder nur selten mit FR beantwortet.

Daraufhin wurden zwischen e^2 und a^3 2 weitere Futtertöne andressiert: a^2 und e^3. Alle übrigen Töne sollten wieder Gegentonsinn haben.

Da die beiden neuen F vorher Gegentöne waren, so dauerte es verhältnismäßig lange, bis das Vt diese beiden Töne mit FR beantwortete. Nach 25 Proben erfolgte schließlich auf alle 4 Futtertöne einwandfreie FR.

Es wurde weiterhin die Bedeutung der übrigen Töne geprüft. Zunächst verwechselte das Tier alles, nach 56 Versuchen zeigte sich ein Lernerfolg, der sich nach weiteren 54 Versuchen gefestigt hatte.

Nach einiger Übung läßt sich also die *Wirkung des F* auf einen ganz *kleinen Tonbereich* einengen. Innerhalb einer Tonspanne von $1^1/_2$ Oktaven konnten 4 Futtertöne behalten werden, und alle dazwischen liegenden Töne hatten die Bedeutung von Gegentönen. Dies entspricht einer Unterteilung von 3 scharf getrennten „Assoziationszonen" (wahrscheinlich lassen sich derer noch mehr ausbilden).

Es muß jedoch darauf hingewiesen werden, daß diese Ergebnisse nicht für alle Versuchsvögel Gültigkeit haben. Sogar ein und dasselbe Tier legte bei der *gleichen* Aufgabe ein völlig *verschiedenes* Verhalten an den Tag, je nachdem, in welchem Zusammenhang die Dressurtöne geboten wurden. So waren z. B. unmittelbar nach Versuchen mit Klängen die Ergebnisse zur Spontanunterscheidung einer kleinen Terz bedeutend schlechter (vgl. „Erkennen von Dressurtönen" S. 203). Es scheint auch hier das auf S. 184 Gesagte zu gelten, nämlich, daß das tierische Verhalten von den augenblicklichen und vorangegangenen Bedingungen, sowie von wechselnden „Stimmungen" beeinflußt wird (vgl. auch S. 225, Anm. 1).

Nachdem mit *Testversuchen* die Wirkung von Futter- und Gegentönen ermittelt worden war, sollte nun durch sukzessive Einengung des Intervalls zwischen F und G die Unterschiedsschwelle *dressurmäßig* ermittelt werden.

2. Versuchsreihe. Als Vt dienten Sittiche, Kreuzschnabel, Hänfling, Girlitz, Stieglitz, Zeisige. Es wurde zunächst mit einem größeren Intervall begonnen, und wer dieser Aufgabe gewachsen war, wurde auf kleinere Tonabstände dressiert. Der G lag teils ober- teils unterhalb vom F.

Tabelle 7 erläutert die Ergebnisse:

Tabelle 7. Zusammenfassung der Differenzdressurergebnisse in mittleren Lagen bei verschiedenen Versuchstieren, angegeben in Prozenten.

Intervall	Bezeichnung der Intervalltöne	G-Versuche mit vorwiegend negativem Ergebnis (Futterreaktion!) in % der Gesamtzahl der Versuche					
		Sittich Vt 1	Sittich Vt 2	Kreuzschnabel Vt 3	Zeisig Vt 4	Zeisig Vt 5	Hänfling Vt 6
Quinte	a^1—e^2 / e^2—h^2	17	37	12	20	46	17
Quarte	h^1—e^2 / e^2—a^2	7	40	0	22	35	20
Terz	c^2—e^2 / e^2—g^2	11	26	28	30	59	22
Große Sekunde	d^2—e^2 / e^2—fis^2	19	23	24	31	—	36
Kleine Sekunde	dis^2—e^2 / e^2—f^2	22	27	15	49	—	43

Bei *Vt 1, 2 und 3* bestehen keinerlei Schwierigkeiten zur Unterscheidung von *Ganz-* und *Halbtönen*, von Quinte und Quarte bei Vt 4. Dieses Tier erkennt den Terzabstand schon bedeutend schlechter, wie die Häufung der Fehler von 22% auf 30% zeigt, die große Sekunde ebenfalls, und endlich die kleine Sekunde so unsicher (49% Fehler!), daß man als *Unterschiedsschwelle* von *Vt 4* das *Halbtonintervall* annehmen kann. *Vt 5* reagiert schon sehr oft falsch, wenn der G um 1 Quinte vom F abweicht. Die Unterscheidungsgrenze liegt zwischen *Quarte und Terz*. Bei *Vt 6* sind die Ergebnisse bis zur Terz recht gut (nur 22% Fehler). Beim Ganzton werden die Reaktionen aber unsicherer und beim Halbton stehen richtige und falsche Ergebnisse ungefähr im Verhältnis 1 : 1. Die Unterscheidungsgrenze ist also ebenfalls zwischen Terz und großer Sekunde zu suchen.

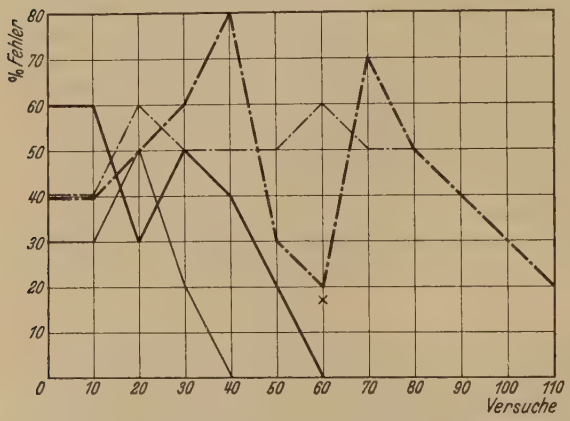

Abb. 6. Gegentonreaktionen bei der Differenzdressur mit einem Ganz- und Halbton (fis² und f² bei F = e²). Vergleich zweier Singvögel (Hänfling und Zeisig). Ordinate: Anzahl der negativen Ergebnisse pro 10 Versuche.

Um einen Einblick in den Dressurverlauf zu geben, soll die Ganz- und Halbtondressur bei 2 Tieren näher beschrieben werden. Ich greife zum Vergleich die Ergebnisse des Hänflings (Vt 6) und eines Zeisigs (Vt 4) heraus (Abb. 6).

Vt 4 hat den *Ganzton* nach 40 Versuchen fehlerfrei differenziert (dünn gezogene Linie). Aber Töne, die um ein *Halbtonintervall* (dünne Strichpunktlinie) auseinander liegen, werden vorwiegend mit FR beantwortet.

Vt 6 braucht etwas länger als 4, um das *Ganztonintervall* unterscheiden zu lernen (60 Versuche, dick gezogene Linie). Beim *Halbton* (dicke Strichpunktlinie) werden bis zum 40. Versuch viele Fehler gemacht, dann zeigt sich ein Lernerfolg: Die Halbtonkurve sinkt von 80 auf 20% ab. Eine 5tägige Dressurpause läßt aber die Fehlerzahl wieder auf 70% heraufschnellen (durch + in der Abbildung angegeben). Nach einer erneuten Dressur bessern sich die Ergebnisse wieder, aber ein Absinken der Fehlerkurve bis auf den 0-Wert läßt sich nicht erreichen. Vielmehr erfordern gesteigerte Nervosität, zögernde FR usw. den Abbruch der Versuche. *Vt 6* unterscheidet also im Bestfall auch nur einen *Halbton*.

Bei dem Sittich (Vt 1) und dem Kreuzschnabel (Vt 3) waren die Ergebnisse so gut (beim Halbton nur 22 und 15% Fehler!), daß der Abstand zwischen F und G sich sogar bis auf einen *Viertelton* einengen ließ. Die Versuchserfolge bei diesen beiden Tieren sind nochmals gesondert dargestellt (Abb. 7 und 8, für Vt 1 alle Dressurintervalle, für Vt 3 nur den Vierteltonabstand = 20 Hz).

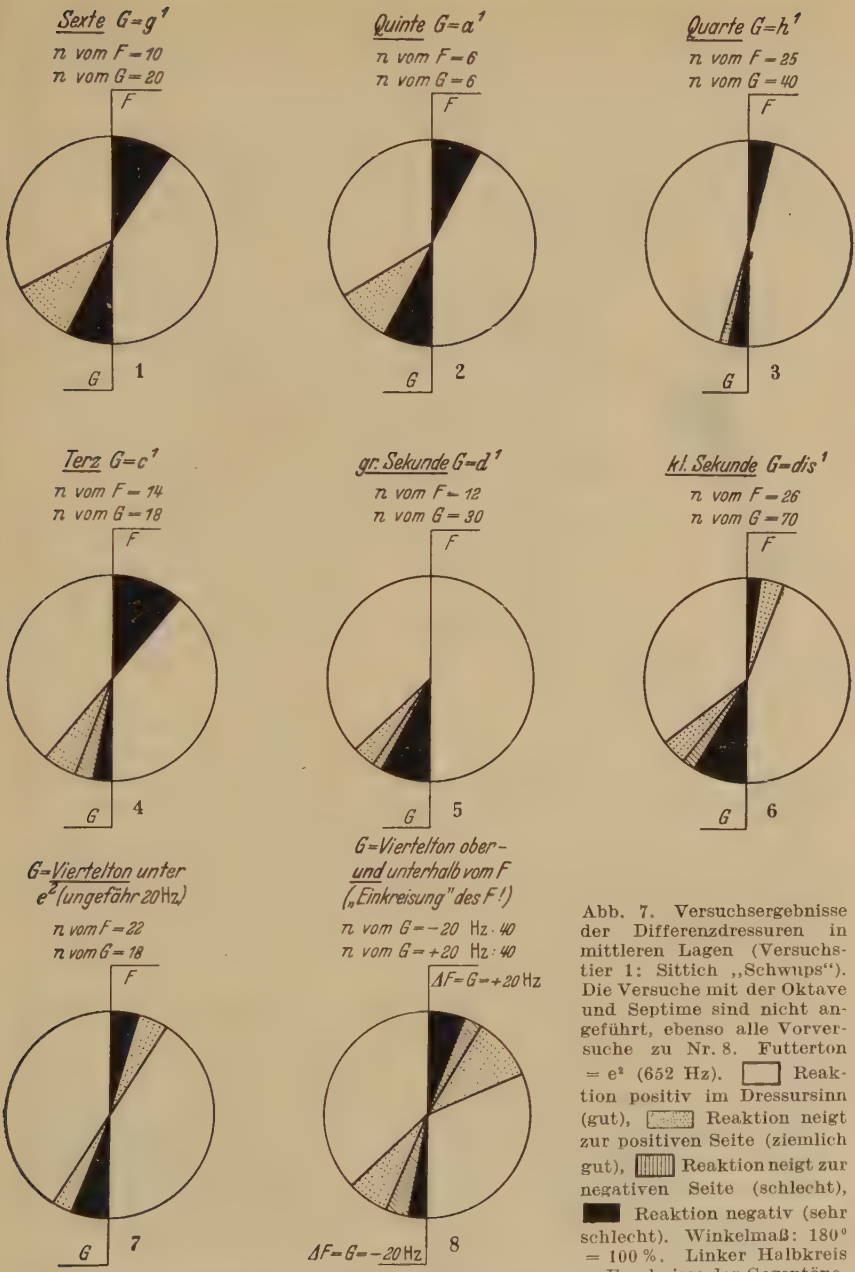

Abb. 7. Versuchsergebnisse der Differenzdressuren in mittleren Lagen (Versuchstier 1: Sittich „Schwups"). Die Versuche mit der Oktave und Septime sind nicht angeführt, ebenso alle Vorversuche zu Nr. 8. Futterton = e^2 (652 Hz). ▭ Reaktion positiv im Dressursinn (gut), ▭ Reaktion neigt zur positiven Seite (ziemlich gut), ▭ Reaktion neigt zur negativen Seite (schlecht), ■ Reaktion negativ (sehr schlecht). Winkelmaß: 180° = 100 %. Linker Halbkreis = Ergebnisse der Gegentöne, rechter Halbkreis = Ergebnisse des Futtertons. (In den Protokollen wurden die Reaktionen mit ebenfalls abgestuften Benotungen gekennzeichnet.)

Um das Dressurziel zu erreichen, war die Anzahl (n) der Versuche bei den einzelnen Intervallen begreiflicherweise verschieden groß. Damit sich die Ergebnisse besser vergleichen lassen, habe ich eine einheitliche Darstellung in Form von Flächendiagrammen gewählt.

Wie aus der Zeichenerklärung hervorgeht, bedeutet die Gesamtzahl der F- und G-Versuche je 1 Halbkreisfläche (n ist dabei auf einen einheitlichen Radius umgerechnet). Da sich die Reaktionen nicht mit mathematischer Genauigkeit in „richtig" und „falsch" trennen lassen, vgl. S. 176 und Wohlfahrt 1939 (S. 577/78), sondern naturgemäß Übergänge aufweisen, so wurde der Reaktionsgrad in 4 Stufen unterteilt, was in den Diagrammen durch verschiedenartige Schraffur gekennzeichnet ist. Der Flächeninhalt der Kreissektoren veranschaulicht den prozentualen Anteil der einzelnen Reaktionsstufen an der Gesamtzahl der Versuche (Halbkreisfläche = 100%, n = 180° im Winkelmaß).

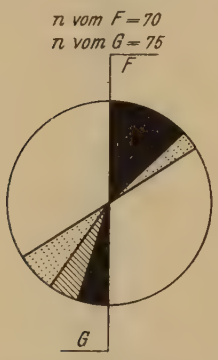

Abb. 8. Versuchstier 3 (Kreuzschnabel). Futterton = e^2, Gegenton = Viertelton unter e^2 (etwa 20 Hz).

Ergebnis. Beide Vögel unterscheiden ohne Schwierigkeit einen Frequenzunterschied von *20 Hz*.

3. Versuchsreihe. Um festzustellen, ob der Unterschied *absolut*, d. h. unabhängig von seiner Stellung in der Tonskala, wahrgenommen wird oder nur *relativ*, bediente ich mich der *„Einkreisungsmethode":*

F = e^2 bleibt konstant; G lag vorher tiefer als F, ist jetzt der höhere Ton.

Begonnen wurde mit dem Ganztonintervall (e^2—fis^2); wieder Annäherung bis auf 20 Hz; dann „Einkreisung" des F, indem das Intervall zwischen G und F schrittweise von beiden Seiten her eingeengt wurde.

Abb. 7, Nr. 8 veranschaulicht, daß die *Stellung des G* ($\triangle$F = 20 Hz) nur einen ganz *geringen Einfluß* auf die Reaktionswerte ausübt. Die *Unterscheidung von 20 Hz* ist also eine *absolute*.

4. Versuchsreihe. Annäherung an die Unterschiedsschwelle bei Sittich W_1 („Schwups"). *Versuche:*

a) Für das *Intervall 38 Hz* (Halbton) bis 10 Hz zusammen 240 Versuche.

b) Mit dem *Intervall 10 Hz* wurden Vergleichsversuche am Menschen vorgenommen. Zeitintervall zwischen je 2 Versuchen 60 Sek (Abb. 9).

Wie die Darstellung zeigt, scheint der Vogel unter den vorliegenden Versuchsbedingungen eine relativ bessere Unterscheidungsfähigkeit zu haben als der Mensch (s. auch Tabelle 8). Allerdings wurden die Versuche am Menschen als Spontanversuche durchgeführt, während der Vogel schon vorher wochenlang auf den F dressiert worden war. Außerdem wurde nicht *eine* Vergleichsperson gewählt, sondern 5 verschieden musikalische (darunter war niemand mit absolutem Gehör).

c) Das *Intervall 5 Hz* (100 Versuche) wird mit 74% positiven Ergebnissen noch als Unterschied erkannt.

d) Es wurde in weiteren 160 Versuchen bis auf 1 Hz angenähert. Hier entsprach die Fehlerzahl dem mittleren Wahrscheinlichkeitswert, d. h. die falschen und richtigen Ergebnisse beim F und G standen ungefähr im gleichen Verhältnis.

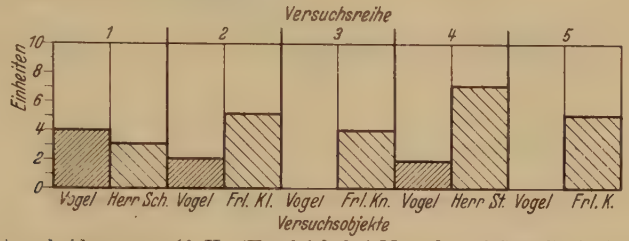

Abb. 9. Unterscheidung von 10 Hz (Vergleich bei Mensch und Vogel). Futterton = e^3. Zahl der Fehler bei je 10 Versuchen = Einheiten.

e) Die Versuche mit der Edelmannpfeife wurden zur Kontrolle mit der Stimmgabel nachgeprüft.

Vergleichsintervall 5 Hz (hervorgebracht von 2 abwechselnd in Schwingung gebrachten Gabeln, die um 5 Schwebungen gegeneinander verstimmt waren; vgl. S. 174). Diese Stimmgabelversuche sind auf Abb. 10 mit punktierten Linien eingetragen.

Tabelle 8.

Versuchsobjekt	+	—	n	Zeitintervalle in Sek.
Mensch . .	75%	25%	50	60
Vogel . . .	86%	14%	50	60

Diese Kontrollversuche ergaben 25% Fehler (bei einem Zeitintervall von 60 Sek. zwischen 2 Versuchen). *5 Hz* wird noch als merklicher Unterschied erkannt.

f) Zur Prüfung des *absoluten Tongedächtnisses* (s. auch das Kapitel über absolutes Gehör, S. 201f.) bei geringen Frequenzunterschieden wurden Reihenversuche mit wachsendem Zeitintervall vorgenommen, und zwar von 1 Min. bis zu 12 Stunden.

Es wurden je 10 Versuche hintereinander gemacht mit beliebigem Wechsel von Futter- und Gegentönen. Bei den Versuchsreihen mit 1—5 Min. Dressurpause mußte mehrmals Gelegenheit zur Erholung gegeben werden. Bei vielen dicht aufeinanderfolgenden Versuchen wird das Tier nervös und schließlich „unlustig", besonders, wenn es mehrmals umsonst zum Futterplatz gehetzt wird. Andererseits braucht man eine große Versuchszahl. Jedenfalls sind solche Reihenversuche nicht bedingungslos wertbar. Dies gilt auch für die 12-Stundenversuche, da eine 12stündige Nahrungssperre, besonders bei mehrfacher Wiederholung, einen fühlbaren Eingriff in den normalen Stoffwechselablauf bedeutet, der ja beim Vogel sehr rasch ist.

Ergebnis der Tongedächtnisprüfungen bei kleinen Intervallen (vgl. Abb. 10):

1. Der Intervallunterschied von *20 Hz* wird über Stunden behalten (es wurde bis zu 2 Stunden geprüft), die Ergebnisse mit dem 12-Stunden-

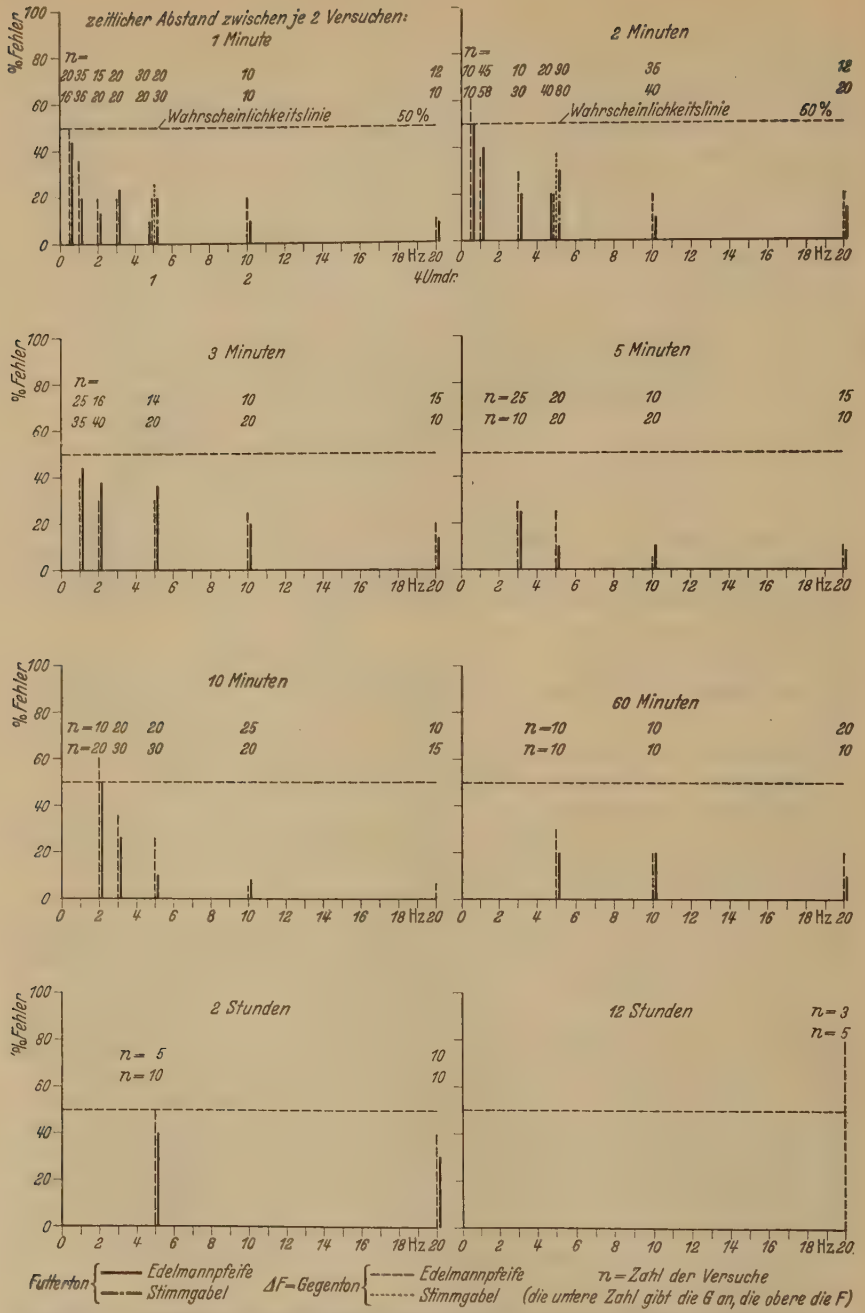

Abb. 10. Übersicht über die Versuche zur Prüfung des absoluten Tongedächtnisses bei Differenzdressuren mit kleinsten Intervallen (1—20 Hz). Versuchstier: Sittich „Schwups". Die mit der Edelmannpfeife erzielten Frequenzunterschiede sind nur ungefähre Werte (vgl. Seite 174). Die „Wahrscheinlichkeitslinie" gibt die Grenze an, bei der die Ergebnisse nur noch durch den Zufall entschieden werden.

intervall besitzen nur bedingte Gültigkeit (s. S. 191): Von den 5 G-Versuchen wurden 4 (80%) falsch beantwortet (mit FR), dagegen die 3 F-Versuche wiesen nur richtige Ergebnisse auf, wie auch beim 10-Min.-Abstand.

2. Der Unterschied von *5 Hz* behält bis zu 1 Stunde seinen Dressursinn als G, denn von 10 Versuchen werden nur 3 (also 30%) falsch beantwortet, beim F nur 2 Versuche. Bei einer Versuchspause von 2 Stunden hat das Intervall 5 Hz seine G-Bedeutung verloren, denn die richtigen und falschen Ergebnisse beim F und G stehen ungefähr im Verhältnis von 1 : 1.

3. Die *Unterschiedsschwelle* (bei den vorliegenden Versuchsbedingungen!) liegt ungefähr bei *1—2 Hz*. Dieser geringe Frequenzunterschied wird 1—4 Min. behalten.

Das *absolute Tongedächtnis* ist also außerordentlich fein entwickelt (vgl. auch S. 195 u. 205f.).

Differenzdressur in hohen Lagen.

a) Differenzdressur in der 4-gestrichenen Oktave: F = e^4 (2606,84 Hz); Tonquelle — kleine Edelmannpfeife mit Feinregulierung (s. S. 174)[1]; Vt = „Schwups".

Tabellen 9 und 10 geben über den Reaktionsverlauf Aufschluß. Die Unterscheidungsgrenze liegt ungefähr im Bereich von *4,2—4,4* Spindelumdrehungen[1] in Tab. 10, was einer relativen Frequenzänderung von *1,25—0,93*% entspricht (etwa 1 Viertelton: 24 bis 36 Hz).

Vergleicht man das Verhältnis von F : G bezüglich der richtigen, zweifelhaften und falschen Reaktionen, so zeigt sich für den F bei 4,2 zunächst ein Zuwachs der falschen Ergebnisse, bei 4,3 wieder eine Verbesserung, bei 4,4 und 4,5 eine Häufung der falschen und zweifelhaften Ergebnisse. Es ist bezeichnend, daß das Tier (besonders bei 4,5) den F relativ wenig falsch beantwortet, sondern einfach jedesmal mit FR reagiert; entsprechend sind auch die GR weniger oft zweifelhaft, sondern eindeutig falsch.

Tabelle 9. Ergebnisse der Differenzdressur in der 4-gestrichenen Oktave.
F = e^4 — 2606,84 Hz.
(Versuchstier: Sittich „Schwups".)

Gegenton	Hz	Versuchszahl	Fehler in %
c^4	2069,2	40	25
d^4	2322,6	40	34
dis^4	2460,7	40	28

Fehler bei den GR bei größeren (musikalisch noch benennbaren) Intervallen.

Zur Ermittlung des Schwellenbereichs wurde das in Frage kommende Intervall wie bei Dressur in den mittleren Lagen „eingekreist" (s. S. 190).

[1] Die größeren Intervalle (s. Tabelle 9) ohne diesen Mechanismus. Hierbei wurde e^4 durch Einstellung auf die gewöhnliche Mensurierung der Pfeife erzielt. Bei den kleineren Distanzen (Tabelle 10) wurde bei Normalstellung des Kolbenkörpers und Fußplatte auf dis^4 durch 5 Spindelumdrehungen ein etwas höherer Ton als e^4 erreicht. Da in diesem Fall jedoch nicht auf absolute Zahlen Wert gelegt werden muß, so wurde das Vt auf diese kleine Änderung des F umdressiert. Außerdem war es von vornherein unsicher, ob dieser geringe Frequenzunterschied überhaupt wahrgenommen wird.

Tabelle 10. Ergebnisse der Dressuren mit kleinen Schwingungsdifferenzen. (Kleiner als musikalische Intervalle!).

Δ F (Unterschied in Hz)	Spindelumdrehungen	Versuchszahl des Gegentons	Reaktionen (in %)					
			im Dressursinn		unsicher		falsch	
			F	G	*F*	G	*F*	G
156 (~dis^4)	0	20		60		15		25
130	1	10		70		—		30
100	2	15		70		7		23
70	3	12		83,3		—		16,7
40	4	26	*90*	73	*5*	15,5	*5*	11,5
36	4,1	33	*90*	74	—	13	*10*	13
32	4,2[1]	25	*80*	68	—	8	*20*	24
28	4,3[1]	36	*88*	75	*5*	5	*7*	20
24	4,4[1]	35	*70*	52	*25*	23	*5*	25
20	4,5	58	*73*	51,4	*27*	—	—	48,6
16	4,6	52		36		12		52

b) Differenzdressur in der 6-gestrichenen Oktave: F = e^6 (10427 Hz); Tonquelle = Galtonpfeife; Vt = Sittich „Schwups", Kreuzschnabel.

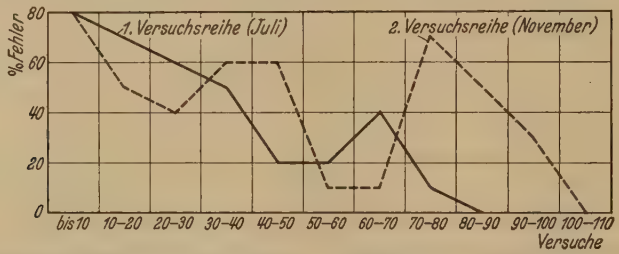

Abb. 11. Differenzdressur in hohen Lagen. Absinken der Fehlerkurve mit steigender Versuchszahl. Versuchstier: Kreuzschnabel. Futterton = e^6 (10 427 Hz), Intervall = Septime (f^5—e^6).

1. Kreuzschnabel. Mit diesem Tier wurden 1520 Versuche durchgeführt. Die Abdressur des ersten G (f^5) dauerte sehr lange. In der 1. Versuchsserie waren rund 90 Versuche dazu nötig, in der 2. Serie nach einer Pause von 3 Monaten ungefähr 110 (s. Abb. 11).

Die Fehlerzahl nimmt mit abnehmender Intervallgröße zu (Tabelle 11). Das kleinste noch unterscheidbare Intervall ist die *große Sekunde (d^6 — e^6 = 1137 Hz = 12% Frequenzunterschied).* Die Reaktionen mit der kleinen Sekunde sind so zweifelhaft, daß hier wohl die Unterschiedsgrenze überschritten ist. Tabelle 13 veranschaulicht dies.

Es wurde vorerst davon abgesehen, zu untersuchen, ob die Qualität des Futtersignals (Klangfarbe, Lautstärke usw.) dem Versuchstier als Hilfsmittel bei der Frequenzunterscheidung diente.

Mit dem *Intervall d^6 — e^6* wurden *Tongedächtnisprüfungen* angestellt. Zeitintervall 2 Min. bis 1 Stunde (Tabelle 12).

[1] Fragliches Bereich.

Tabelle 11. Ergebnisse der Differenzdressuren in der 6-gestrichenen Oktave beim Kreuzschnabel. Feststellen der Unterschiedsschwelle.

Intervall	Futterton			Gegenton		
	Versuchszahl	davon keine FR (Fehler)	in %	Versuchszahl	davon FR (Fehler)	in %
g^5—e^6	22	3	14	28	8	29
a^5—e^6	29	3	10	8	2	25
h^5—e^6	29	3	10	46	12	26
c^6—e^6	20	2	10	30	8	27
1. d^6—e^6	39	4	10	61	17	28
2. d^6—e^6	30	2	7	16	5	31
1. dis^6—e^6	75	13	17	75	41	55
2. dis^6—e^6	30	3	10	42	29	69

Tabelle 12. Tongedächtnisprüfungen für das Intervall d^6—e^6.

Zeitabstand in Min.	Futterton			Gegenton		
	Versuchszahl	davon keine FR (Fehler)	in %	Versuchszahl	davon FR (Fehler)	in %
2	75	0	0	218	38	17
5	10	0	0	30	6	20
10	8	0	0	20	4	20
30	20	0	0	30	10	33
60	10	3	30	10	3	30

Ergebnis. Tabelle 12 zeigt, daß auch in hohen Lagen das *absolute Tongedächtnis ausgezeichnet* ist. Testproben mit 4—12 Stunden ergaben 50% richtige und 50% falsche Antworten. Es ist schwer zu entscheiden, ob die negativen Reaktionen mit dem *Hungerzustand* oder mit *Versagen* des *absoluten Tongedächtnisses bei großen Zeitabständen* zu erklären ist.

2. Wellensittich „Schwups". Im ganzen wurden mit diesem Tier 1120 Versuche durchgeführt. Zunächst wurde das kleinste, noch eben unterscheidbare Intervall ermittelt. Mit zunehmender Verkleinerung des Abstandes F : G wurden die Reaktionen unsicherer, und die lange Latenzzeit war wieder ein Kennzeichen des Grenzbereichs.

Da sich Futter- und Gegenton außer durch ihre Schwingungszahlen auch durch veränderten Klangcharakter unterscheiden (verstärktes Blasegeräusch, geringere Lautstärke des F), so wurde in einer weiteren Serie von Versuchen die *Stellung des F* gegen die des G *gewechselt,* d. h. das Futtersignal war jetzt der tiefere Dressurton (Tabelle 13!).

In diesem hohen Frequenzbereich wird auch beim *Menschen* die Unterscheidungsfähigkeit *wesentlich schlechter.* Nach Versuchen von C. v. Maltzew ist die Klangfarbe ein wesentliches Hilfsmittel zum Erkennen von Intervallen in der 5- und 6-gestrichenen Oktave. Die kleine Terz wurde z. B. folgendermaßen bezeichnet: „In Klangfarbe verschieden, in Tonhöhe fast gleich"; oder: „der 2. Ton schwächer, deshalb

Tabelle 13. Ergebnis der Differenzdressur in der 6. Oktave (Versuchstier Sittich „Schwups".) Futterton: e^6 = 10427 Hz.

Intervall in Hz zwischen F und G	Intervall in musikalischer Bezeichnung	Reaktionen in %					
		im Dressursinn = +		nicht eindeutig		falsch = —	
		F	G	F	G	F	G
3493	e^6—a^6 Quarte	80	67	10	17	10	16
1974	e^6—g^6 kl. Terz	56	53	17	17	27	30
1278	e^6—fis^6 gr. Sekunde	46	43	28	21	26	36

scheint das Intervall größer als die kleine Sekunde zu sein". Urteile in der 1. Hälfte der 5-gestrichenen Oktave fielen besser aus.

Daß derartige Sekundärfaktoren auch für den Tierversuch eine Rolle spielen, zeigen die Ergebnisse der Differenzdressur, nachdem die Stellung des F gegen die G (relativ) geändert worden war. War der F der höhere Dressurton, so unterschied der Sittich noch eine *große Sekunde* (1140 Hz = 10%,) lag er jedoch unterhalb der Gegentöne, so lag die Unterschiedsschwelle bei der *kleinen Terz* (1974 Hz = 19% Unterschied), Tabelle 13!

Der *Klangcharakter* ist also ein wesentliches Hilfsmittel zur Erkennung von Frequenzunterschieden. Es spricht hierfür auch die Tatsache, daß das Ganztonintervall nie länger als 1—2 Min. behalten wurde und jede Versuchsgruppe mit dem F begonnen werden mußte. Außerdem waren die Spontanversuche (F tiefer als die G) sämtlich negativ ausgefallen, d. h. alle höheren Töne als e^6 hatten wie dieser Ton (F!) zunächst F-Bedeutung. Durch Abwechseln mit höheren und tieferen Gegentönen (Einkreisung des F) wurde jedoch auch der absolute Futtertonbegriff erlernt.

Es wurden dann noch einige Testversuche am Menschen durchgeführt, die im Mittel ganz ähnliche Ergebnisse zeitigten. Die Versuchspersonen waren verschieden musikalisch.

Die mit der Dressurmethode gefundenen Unterschiedswerte entsprechen denen von Wassiliew (vgl. S. 170) mit der Pawlowschen Reflexmethode erhaltenen Ergebnisse. Auch die Tauben unterschieden im Bestfall nur 1 Terz, (a^5—c^6 = kleine Terz und c^6—e^6 = große Terz).

Differenzdressur in tiefen Lagen.

Nach Untersuchungen von C. v. Maltzew liegt beim Menschen die Grenze der Intervallschätzung am Anfang der großen Oktave (C = 64 Hz). Die Versuchspersonen verwechselten in diesem Gebiet die Intervalle sehr

stark, auch solche, die in mittleren Lagen aus Harmoniegründen leicht auseinander gehalten werden, z. B. die Septime mit der Sexte oder der Sekunde (E—F_1 und C_1—A_1 usw.). Nach SCHULTZE lassen sich die Intervalle unter 100 Hz (ungefähr Gis) nicht mehr bestimmen.

Das Unterscheidungsvermögen in *hohen* Lagen scheint beim *Vogel* nicht schlechter zu sein als beim Menschen; im Hinblick auf die anatomischen Verhältnisse der Vogelschnecke (vgl. S. 179) war von Interesse, was für eine Unterschiedsempfindlichkeit für *tiefe* Töne besteht.

Als Schallquellen dienten die EDELMANNschen Stimmgabeln Nr. 3—6 mit Resonanzkasten und als Versuchstiere 2 Sittiche (W_1 „Schwups" und W_5 „Puck"). 50 Hz bzw. 60 Hz wurden als F gewählt.

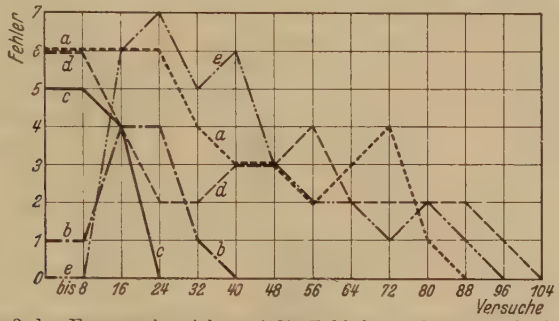

Abb. 12. Einfluß des Frequenzbereichs auf die Zahl der Anlernversuche bei einem ersten Gegenton. (Versuchstiere: Kreuzschnabel, Sittich „Schwups" und „Puck".)

a ---- Intervall in der 6-gestrichenen Oktave (Septime) Kreuzschnabel
b —·— „ „ „ 4- „ „ (gr. Terz) } Sittich „Schwups"
c —— „ „ „ 2- „ „ (Oktave) } Sittich „Schwups"
d —·· „ „ „ Contra-Oktave ($1^1/_2$ Oktave)
e —··— „ „ „ Contra-Oktave (2 Oktaven) Sittich „Puck"

Abdressur des 1. Gegentons. Sittich „Puck" brauchte bis zur Differenzierung eines um 2 Oktaven höher liegenden Tons (200 Hz) ungewöhnlich lange (185 Versuche).

Da ich die allgemeine Reaktionsbereitschaft dieses Tieres noch nicht geprüft hatte, so konnten die schlechten Ergebnisse auch mit der individuellen Veranlagung zusammenhängen. Zur Kontrolle wurde der sehr gelehrige und intelligente Sittich „Schwups" geprüft. Er benötigte ebenfalls eine außergewöhnlich *lange Übungszeit,* um einen $1^1/_2$ Oktaven höheren Ton (150 Hz) vom F = 50 Hz dressurrichtig zu unterscheiden.

Dieser Befund scheint mir ein Hinweis zu sein, daß die Anlernzeit von dem Frequenzbereich abhängig ist. Näheres geht aus der Abb. 12 hervor.

Mit Worten: Für Gegentöne, die *im Grenzgebiet des Hörschalls* differenziert werden sollen, sind bedeutend *mehr Wiederholungsübungen* nötig als in den mittleren Lagen der Tonskala.

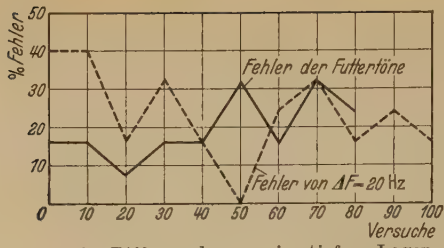

Abb. 13. Differenzdressur in tiefen Lagen mit Futterton = 60 Hz. Die Kurve gibt die Unterschiedsschwelle des Tieres an, die unter den vorliegenden Versuchsbedingungen bei einem Intervall von $\Delta F = 20$ Hz liegt. (Versuchstier: Sittich „Schwups".)

Ermittlung der Unterschiedsschwelle.

a) Von „Puck". Bis zur Unterscheidung von 30 Hz wickelte sich die Differenzdressur reibungslos ab. Dann wurde das Tier auf einmal reaktions- und freßunlustig, so daß Dressurpausen eingeschoben werden mußten. Trotzdem gelang eine Annäherung bis auf 10 Hz, aber diese Versuche, ebenso wie die weiteren mit 5 und 4 Hz waren wegen der schlechten Verfassung des Tieres nicht schlüssig genug. Die Ergebnisse sind auf Tabelle 14 dargestellt.

b) Von „Schwups". Da bei diesem Vt die Reaktionen auf 50 Hz (vgl. untere Hörgrenze, S. 181) wegen ihrer Zweifelhaftigkeit in der Nähe der unteren Hörgrenze zu liegen scheinen, so wurden nicht nur Versuchsreihen mit F = 50 Hz, sondern auch mit F = 60 Hz durchgeführt (vgl. Tabelle 14 und Abb. 14).

Die *Differenzierung im niederfrequenten Wellenbereich* ist weitaus *schlechter als im mittleren Bereich*; sie entspricht *ungefähr den Leistungen in der 6-gestrichenen Oktave* (Quarte—Terz) bzw. ist noch etwas schlechter (Abb. 13! Unterschied 20 Hz = etwa 40%! Frequenzunter-

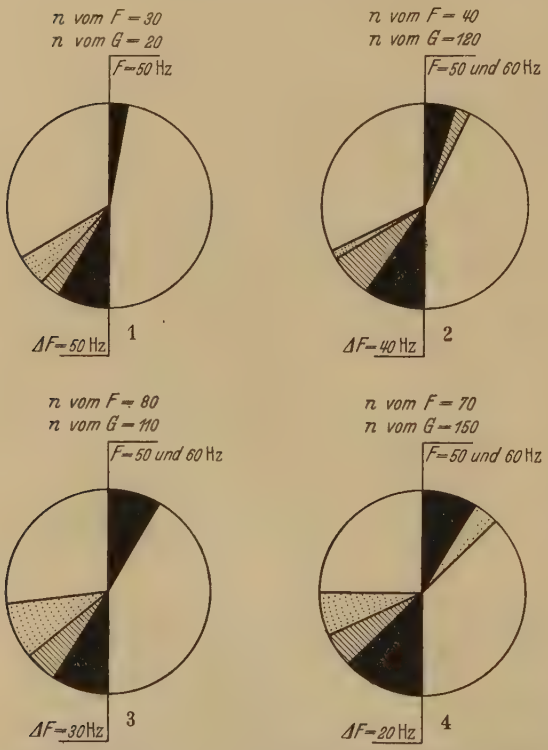

Abb. 14. Ergebnisse der Differenzdressur in tiefen Lagen (vgl. dazu Tabelle 14). Legende s. Abb. 7, Seite 189. Versuchstier: Sittich „Schwups". Versuchszahl n der Gegentöne = 400, Versuchszahl n der Futtertöne = 220, Futterton = 50 und 60 Hz, Gegenton = ΔF (die jeweiligen Frequenzunterschiede in der Abbildung!). (Die Versuche mit größeren Intervallen als die Oktave sind nicht aufgeführt.) 1 Oktave $\Delta F = 50$ Hz. 2 Durchschnittswert von Septime und Sexte: $\Delta F = 40$ Hz. 3 Durchschnittswert von Sexte und Quint: $\Delta F = 30$ Hz. 4 Durchschnittswert von Tritonus und Quart: $\Delta = 20$ Hz.

schied). Vergleichsversuche am Menschen zeigten, daß die Unterscheidungsfähigkeit und besonders das Tongedächtnis für die nämliche Frequenzlage ebenfalls nicht sonderlich ausgebildet ist; das absolute Gehör nimmt beim Mensch von der großen Oktave an stark ab. Aber im allgemeinen sind die Leistungen des Menschen in tiefen Lagen etwas besser als beim Vogel.

Tabelle 14. Ergebnisse der Differenzversuche in tiefen Lagen.

Intervall in Hz Δ F	Intervall in musikalischer Bezeichnung	Höhe des Futtertones in Hz	Anzahl der G-Versuche bei Sittich		Anzahl der Gegentonversuche in %. Es erfolgte beim G: Beherrschung +		nicht eindeutige Reaktion		Futterreaktion —	
			W_1	W_5	W_1	W_5	W_1	W_5	W_1	W_5
100	$1^1/_2$ Oktave	50	100	30	60	67	26	20	14	13
70	Trezime	50		20		70		10		20
50	Oktave	50	20	10	70	90	15		15	10
40	Septime	50	40	10	70	90	5		25	10
40	Sexte	60	80	—	66		13		21	
40		Durchschn.-ergebnis bei 50 und 60 Hz	x 120		x 67		x 11		x 22	
30	Sexte	50	40	50	45	70	25	4	30	26
30	Quinte	60	70		71		17		12	
30		Durchschn. 50 und 60	x 110		x 62		x 20		x 18	
20	Tritonus	50	64	21	45	76	20	5	35	19
20	Quarte	60	86		58		28		14	
20		Durchschn. 50 und 60	150		x 52		x 22		x 26	
10	kl. Terz	50		20		69		12		19
5	Ganzton	50		137		52		16		32

x über der Zahl = Durchschnittswert von 2 Versuchsreihen.

Man darf bei allen diesen Ergebnissen bezüglich der Unterscheidungsfähigkeit von Frequenzen nicht vergessen, daß das tatsächliche Unterscheidungsvermögen besser sein kann. Denn die Werte geben nur Auskunft über *Assoziationsschwellen,* d. h. über *die* kleinsten Tondifferenzen, die gerade groß genug sind, um das Tier auf dem Weg über eine Assoziation zu gegensinnigen Dressurantworten zu veranlassen (FR bzw. GR). Diese indirekte Methode hat als erste wichtige Voraussetzung den Besitz eines akustischen *Gedächtnisses,* das ja (Abb. 10) nach den vorliegenden Ergebnissen, aber auch nach Aussagen der Ornithologen, in den mittleren und hohen Lagen außerordentlich gut ist. Stumpf und Meyer ließen bei ihren Untersuchungen den Gedächtnisfaktor[1] absichtlich aus

[1] Daß die Erhöhung des Schwellenwertes ganz beträchtlich sein kann, zeigen folgende, von O. Abraham gefundenen Werte: Eine Vp. unterschied in mittleren

dem Spiel, indem die beiden zu unterscheidenden Töne den Versuchspersonen nicht in langem Zeitabstand (wie es bei der Dressur nötig ist), sondern in dichter Aufeinanderfolge dargeboten wurden[1].

Der Nachteil dieser indirekten „Gedächtnismethode" wird allerdings durch die einseitig-dressurmäßige Schulung bestimmter Aufgaben etwas ausgeglichen, wodurch ein Maximum an Leistungsfähigkeit im Laboratoriumsversuch erzielt wird, das wahrscheinlich höher liegt als bei Versuchen am freilebenden Tier. Unter normalen Bedingungen braucht der Vogel ja keine derartige Aufgaben zu lösen. Auf alle Fälle besteht jedoch eine direkte Abhängigkeit von assoziativer und absoluter Reizschwelle und damit auch vom Frequenzbereich.

Im ganzen gesehen, sind diese, auf indirektem Wege gewonnenen Unterschiedsschwellen des *Vogels* beinah *besser* als beim *Menschen*, obwohl bei diesem eine direkte und absolute Bewertung möglich ist.

Zusammenfassung der physiologischen Versuchsergebnisse: Wenn wir auf die zu Beginn dieses Kapitels angestellten Überlegungen zurückkommen, so entsprechen diese Ergebnisse keineswegs den Erwartungen auf Grund der anatomischen Voraussetzungen.

Der *Hörumfang* ist schlechter als beim Menschen — im Hinblick auf die geringere Faserzahl unbedingt einleuchtend — aber doch nicht so schlecht, wie man bei dem großen Unterschied von 1200 gegen 24000 Fasern vermuten würde.

Das *gute Unterscheidungsvermögen*, das mit Ausnahme der tiefen Tonlagen in allen Regionen der Tonskala ungefähr ähnlich wie beim Mensch ist, läßt sich überhaupt nicht mit den eingangs gemachten Erwägungen in Einklang bringen. Es ergeben sich somit zum mindesten *Widersprüche mit der* Helmholtz*schen Resonanztheorie*. Dem Fasersystem in der Membrana basilaris kann unter diesen Umständen wohl kaum die Bedeutung eines Resonators zukommen, um so mehr, als ja auch die niederen Wirbeltiere, die Amphibien und Fische, Töne hören und unterscheiden können, obwohl sie über keine derart strukturierte Schneckenmembran verfügen.

V. Tonpsychologische Untersuchungen über die Musikalität des Vogels.

Wir bewundern am Vogel das scharfe Gehör und das erstaunlich feine Tonunterscheidungsvermögen. Über diese Eigenschaften verfügen jedoch

---

Lagen bei unmittelbarer Aufeinanderfolge der Töne *0,5 Hz*, nach längerer Pause nur noch *4 Hz*; die Unterschiedsschwelle war also durch den Zeitfaktor um das 8fache größer geworden!

[1] Allerdings kann auch beim Menschen das Tongedächtnis phänomenal gut sein. Mozart erkannte z. B. nach Tagen eine Achteltonverstimmung von Streichinstrumenten (Jahn 1865, außerdem zitiert bei v. Kries 1926 und Abraham 1901), und zwei bekannte Musiker der 90iger Jahre behielten sogar eine Differenz von $^1/_{11}$ Ton (4 Hz) über Wochen und Monate (O. Abraham). Ähnliches wird von mehreren anderen Personen berichtet. Es gab allerdings Urteilsschwankungen, je nach der allgemeinen körperlichen und geistigen Verfassung.

auch Vertreter anderer Wirbeltierklassen. Aber keines der Lebewesen, nicht einmal der Mensch, hat eine derart modulationsfähige Stimme und die Begabung zu klanglichen Intonationen, zu echten musikalischen Kompositionen wie gerade der Vogel.

Eine Amsel (Schmitt 1919) z. B. variiert ihr Thema, macht Umkehrungen, Verlängerungen, kürzt, punktiert, schiebt Pausen ein, erweitert und verengt die Intervalle, wechselt Tempo und Klangfarbe, entlehnt und verbessert Motive (die sogar teilweise von unseren Komponisten verwertet wurden — Beethoven, Mozart!), kurz, sie *komponiert*.

Die Fähigkeit, musikalische Sätze zu erlernen und nachzupfeifen, kann nicht Zufall oder mechanisches Nachahmen sein. Man muß vielmehr an die Möglichkeit eines *musikalischen Gefühls* denken. Ob der Vogel allerdings beim Hören eines Musikstücks irgendein ästhetisches Empfinden hat, darüber vermögen wir nichts auszusagen[1].

Außer liedartigen Kompositionen produziert der Vogel auch eine Reihe von kurzen Lautäußerungen (Stadler 1932), die für bestimmte Lebenslagen und Affekte ganz spezifisch sind. Auch hierin übertrifft er die meisten Wirbeltiere.

Experimentell können wir nur wenige und reichlich grobe Prüfungen des Tonsinns von Vögeln vornehmen.

Es soll hier der Versuch gemacht werden, einige musikpsychologische Fragen zur Diskussion zu stellen und einen besonders anstelligen *Wellensittich* („Schwups") daraufhin zu untersuchen. Dabei wird es unumgänglich sein, auch Vergleiche mit dem Menschen vorzunehmen.

1. Absolutes und relatives Tonempfinden.

Unter *absolutem Gehör* versteht man die Fähigkeit, einen gegebenen Ton zu definieren, was oft mit besonderer Musikalität in Beziehung gebracht wird. Aber die allerwenigsten musikalischen Menschen besitzen ein absolutes Gehör (vergl. S. 200, 1); es scheint vielmehr, daß dies eine ganz ursprüngliche Fähigkeit ist, da sie unter den Wirbeltieren allgemein anzutreffen ist, und daß nur der Mensch das Gefühl für absolute Tonhöhen sekundär eingebüßt hat[2].

---

[1] Allem Anschein nach haben auch Tiere ein Gefühlserlebnis bei Musik. Hunde jaulen bekanntlich bei ganz bestimmten musikalischen Themen. Auch Vögel haben für manche Intonierungen eine Vorliebe: So berichtet Kunz (Zit. nach Lukanus 1925.) von einer Amsel, die hauptsächlich bei Stücken in A-Dur und D-Dur in Feuer geriet und dann im selben Rhythmus, Tempo und melodischen Charakter einen regelrechten Wechselgesang vollbrachte; daneben sitzende Stieglitze und Kanaris verhielten sich dabei passiv und kamen aber bei C- und G-Dur in Gesangsstimmung. Gerade das Mitsingen von Melodien ist eine viel zitierte Erscheinung begabter Singvögel oder Papageien. Ich selbst beobachtete mehrfach, wie ein Wellensittich im Takt von einer Marschmusik hin- und hertrippelte.

[2] Durch ausdauernde Übung (Dressur) kann jedoch die Gabe wieder geweckt werden. So soll am Hofe des Zaren Peter d. Großen eine Orgel aus menschlichen „Orgelpfeifen" gehalten worden sein (v. Uexküll 1930). Auf Befehl gab jede „Pfeife" ihren Dressurton in absoluter Höhe von sich, so daß mit dieser Orgel

Häufiger ist beim Menschen das *relative Gehör* oder der *Intervallsinn*, also das Vermögen, das Intervallverhältnis zweier Töne abschätzen zu können. *Unmusikalische* verwechseln oft bestimmte Intervalle, besonders Quinten, Oktaven und Quarten. Eigenartigerweise kommt absolutes Gehör manchmal ohne Intervallsinn vor, so daß die Betreffenden die größten Schwierigkeiten beim Behalten von Melodien und Harmonien haben.

Auch in der zeitlichen Entwicklung des Gehörs scheint der Mensch dem Tier gegenüber im Hintertreffen zu sein (vgl. Wever und McCrady 1937)[1].

Bei den Wirbeltieren, insbesondere den Vögeln, findet sich allem Anschein nach sowohl ein absolutes als auch ein relatives Gehör.

Um zu prüfen, wieweit wirkliche *Musikalität* vorliegt, bedient man sich allgemein der Methode des Nachsingens. Wird die Klangfarbe ohne Rücksicht auf die absolute Tonhöhe oder nur die absolute Tonhöhe ohne Rücksicht auf die eigene Stimmlage gebracht, oder womöglich *unabsichtlich* im Oktaven-, Quinten- oder Quartenintervall, so deutet dies allgemein auf *Unmusikalität* hin; wird jedoch die absolute Tonhöhe, aber auch gegebenenfalls nur der allgemeine Melodiecharakter (Transponieren!) wiedergegeben, so spricht das für einen musikalischen Sinn.

Für die *Vögel* ist die Beurteilung dieser Frage insofern leichter als bei allen übrigen Tieren, weil wir in ihren Lautäußerungen ein direktes Mittel zur Untersuchung ihres Tongefühls haben.

Die „spottenden" Vögel reproduzieren das Motiv ihres Vorbilds zu 90% in derselben Tonhöhe. Da dies jedoch kein unbedingtes Kriterium für Musikalität zu sein braucht (siehe oben), und die wenigen Beispiele von echtem Transponieren bei Vögeln (s. S. 213) meist übersehen werden, so glaubt v. Hornbostel die Berechtigung zu haben, unmusikalische Menschen und Vögel einander gleich setzen zu können:

„Papageien und Stare können, soweit sie bisher beobachtet sind, vorgepfiffene Melodien nur in der Originaltonhöhe reproduzieren, und dies eben würde *ihre Leistung von der des (musikalischen) Menschen wesentlich unterscheiden*, dem es für die Eigenart einer Melodie nicht darauf ankommt, in welcher Tonstufe sie beginnt (v. Hornbostel, Beitr. z. Akustik **1910**, S. 153).

---

regelrecht gespielt werden konnte. Ähnliches berichtet auch Stumpf, der ein 18 Monate altes Kind darauf dressiert hatte, auf ein Zeichen hin den Ton c^1 zu singen.

Die Erziehung spielt sicher eine Rolle. O. Abraham erzielte z. B. bei 3—4jährigen Kindern ein über Monate und Jahre bestehendes absolutes Gedächtnis für die Tonfolge a—d—e.

[1] Nach Preyer sind Neugeborene die ersten Stunden taub, später nur für starke, hohe Töne empfindlich, für die Schallrichtung nach 10—16 Wochen, für Melodien (nur rhythmische) nach etwa 8 Monaten, und das Nachsingen kurzer Melodien erfolgt frühestens (bei unmusikalischen Kindern) nach 2 Jahren (Bühler). Anders bei *Vögeln*: Hühnchen z. B. stehen schon vor der Geburt mit ihrer Mutter in akustischer Verbindung; sofort nach dem Schlüpfen kann die Schallrichtung bestimmt werden. Und das Nachsingen des Artgesangs bei unseren Singvögeln ist auch schon nach wenigen Tagen bis Wochen möglich (vgl. Hagen, Heinroth, Hoffmann 1928, Stadler 1926).

Versuche.

Erkennen von Dressurtönen in Klängen[1]. Zunächst wurde ein Futterton (a^1) und ein Gegenton (c^2) andressiert, und zwar ohne vorher mit größeren Intervallen eine Vordressur gemacht zu haben. Dabei zeigt sich, daß es ein großer Unterschied ist, ob die Differenzdressur *spontan*, ohne Vorversuche, oder mit *allmählicher* Einengung des Intervallabstandes durchgeführt wird. Dasselbe Vt (Sittich „Schwups"), das bei der „sukzessiven Differenzdressur" so ausgezeichnete Leistungen aufgewiesen hatte (bei einem Intervall von 4 Halbtönen wurden nur 5% Fehler gemacht!), brauchte zur Differenzierung von 4 Halbtönen (kleine Terz) 80 Proben, wobei es bei den ersten 40 Versuchen 34% Fehler machte!

Das Heraushören aus Zweiklängen. Es wurden im Bereich von c^1—a^3 beliebige Klänge (Terzen-Dezimen) gewählt; teils enthielten sie den F bzw. den G, teils waren sie ohne jeden (angelernten) Dressurton. Die Lautstärke wurde je nach Zusammensetzung der Intervalle soweit abgedrosselt, daß die Töne nach menschlichem Empfinden ungefähr gleich laut waren; ein Intensitätshören wurde dadurch ausgeschaltet.

Die ersten 8 Versuche wurde nicht gefüttert, um das Spontanverhalten zu beobachten. Nachfolgend der Protokollauszug:

Protokoll 1.

Zeit	Nr.	Der Klang enthält			Bemerkungen	Note	L
		F*	G*	weder F noch G			
14^{45}	1	a^1/c^2	-		Lauscht, sofort FR	+	sp
14^{50}	2	a^1/g^2			Unschlüssig, 2mal	○	10
14^{52}	3			e^2/g^2	Ansatz zur FR, kehrt um	+	
15^{00}	4		c^2/g^2		Unsicher, vor, zurück	○	
15^{10}	5		c^2/e^2		Ebenso, zweifelhaft	?	20
15^{30}	6	a^1/f^2			Mehrfacher Ansatz zur FR,	?	
15^{35}	7			g^2/a^3	Lauscht, bleibt	+	
15^{40}	8	a^1/c^1			Sofort FR	+	sp

* fett gedruckt bedeutet Dressurton.

Da Gefahr bestand, beim Futterklang durch Nichtfütterung das Vt zu verwirren, so wurde weiterhin wieder Futter geboten, wenn der Futterton im Klang enthalten war.

Einfluß der Tonstellung. Zweiklänge in der Nähe des Futtertons a^1 wurden anfangs häufig mit FR beantwortet, auch wenn der F nicht darin enthalten war. Doch nach kurzer Vorübung macht das Heraushören eines Futtertons aus einem Klang keine Schwierigkeit mehr. Das Erkennen von Klängen, die den *Gegenton* oder gar keinen Dressurton enthalten, scheint eine schwerere Aufgabe zu sein (Tabelle 15).

[1] Die Bezeichnung „Klang" und „Ton" wird im musikalischen Sinn gebraucht.

Das Heraushören aus Dreiklängen. Zunächst wurden ganz *beliebige Akkorde* geboten, die teilweise die Dressurtöne (F = a^1 und G = c^2) enthielten. Es zeigte sich, daß bekannte Töne im Zusammenklang mit 2 anderen *ihren Dressursinn verlieren.* Trotzdem ist die Fähigkeit, einen Akkord in seine tonalen Bestandteile aufzulösen, für das Vogelohr vorhanden. Denn nachdem der alte Futterton a^1 mehrmals allein geboten wurde und dann abwechselnd im Zusammenklang mit anderen Tönen, begriff das Vt schließlich, um was es ging. In weiteren Versuchen wurde die Unterscheidung von Akkorden mit und ohne F auch gelernt (Tabelle 16).

Tabelle 15.

Zweiklang mit Futterton		Zweiklang ohne Futterton	
n	Fehler	n	Fehler
42	5 (= 12%)	65	20 (= 30%)

Tabelle 16.

Dreiklang enthält	n	% Fehler
den Futterton a^1 . .	54	25
nicht den Futterton .	35	32

In der nächsten Versuchsreihe wurde der *Futterakkord konstant* gelassen und der Nichtfutterakkord enthielt einen Ton mit diesem gemeinsam, *2 Töne* wurden beliebig *verändert:*

Futterakkord a^1 / f^1 / c^3; Gegenakkord **d^1 / f^1 / a^2***.

Diese Aufgabe scheint nicht ganz leicht zu sein, denn der Sittich verwechselt die Dreiklänge ziemlich häufig (Tabelle 17).

Tabelle 17.

Dressurakkord	n	% Fehler
Futterakkord . . .	35	20
Gegenakkord . . .	88	25

Daraufhin wurde der Gegenakkord nur noch durch 1 Ton verändert, er hatte also 2 Töne gemeinsam mit dem Futterakkord.

Futterakkord a^1 / f^1 / c^3; Gegenakkord **d^1 / f^1 / c^3***.

Zwei veränderte Töne zu bemerken, scheint eigenartigerweise eine schwerere Aufgabe zu sein als wenn nur *ein* Ton abgeändert wird, denn die Versuche verliefen fast fehlerfrei (Tabelle 18).

Tabelle 18.

Dressurklang	n	% Fehler
Futterakkord . . .	24	0
Gegenakkord . . .	56	10

Dressurtöne werden also in Zwei- und Dreiklängen wieder erkannt, Futtertöne leichter als Gegentöne.

Zur Untersuchung des absoluten Gehörs wurde noch eine weitere Versuchsreihe durchgeführt. Nachdem das Tier gelernt hatte, 2 Intervallklänge zu unterscheiden (s. unten S. 210), sollte nun festgestellt werden, auf welche Weise diese Unterscheidung möglich war; es kann der *Klangcharakter* oder die *absolute Schwingungszahl* der Töne ausschlaggebend sein. Im ersteren Fall trennt das Ohr nur 2 verschiedene Klangbilder — auch der Unmusikalischste wird z. B. eine Terz und eine Septime aus-

* fett gedruckt bedeutet abgeänderte Töne.

einander halten können —, im letzteren Fall ist ein feineres Auflösungsvermögen Voraussetzung.

Zur Klärung der Frage wurden in den nachfolgenden Versuchen dieselben *Dressurintervalle* wie in früheren Versuchen gewählt, jedoch nicht als Zusammenklang, sondern als *Tonfolge*. Dies geschah in einer Reihe von Stichproben, die zwischen die Dressurversuche eingeschaltet wurden, wobei richtige Futterreaktionen mit Fütterung belohnt wurden.

Ergebnis.

1. Das *Futterintervall* als Tonfolge wird nach 3 Proben mit sofortiger *FR beantwortet.*

In Versuch 1 wurde der neue Tonreiz „zur Kenntnis genommen" (stutzen, Kopf recken, lauschen), aber sonst nicht weiter beachtet. In Versuch 2 ging das Vt zögernd zur Klappe, etwas sicherer und rascher in Versuch 3. Von den nächsten 17 Proben wurden 10 richtig (FR), 4 mit Beherrschung (Fehler) und 3 zögernd und unsicher beantwortet.

2. Das *Gegenintervall* wurde als Tonfolge *nicht* wieder *erkannt*; es war eine lange Dressur zur Unterscheidung der beiden gegensinnigen Tonfolgen nötig, ähnlich wie bei den Klangversuchen, was auf Abb. 16 (s. S. 211) zum Ausdruck kommt.

Den Versuchen mit dem Futterklang (bzw. -tonfolge) sind bereits 20 Vorversuche vorangegangen. Eine wesentliche Verbesserung der Ergebnisse — Lernerfolg! — wie bei dem Gegenklang (*dicke* gezogene bzw. gestrichelte Linie) ist beim Futterintervall (*dünne* gezogene bzw. gestrichelte Linie) nicht zu bemerken.

3. Danach muß man annehmen, daß ein Klang an seiner spezifisch *klanglichen Beschaffenheit erkannt* wird (vgl. auch unten, S. 219, über „Tonverschmelzung"). Nach längerer *Übung* kommt ein Analysieren des Klanges hinzu, d. h. auch die *absoluten Schwingungszahlen* der einzelnen Töne haben eine Bedeutung.

Hierfür spricht folgende Tatsache: Hat das Tier die Unterscheidung von verschiedenartigen Klängen bzw. Tonfolgen bereits gelernt, dann gibt es *beliebigen* anderen Intervallen (in Aufeinanderfolge oder bei Zusammenklang der Töne) *keinerlei Dressursinn*, d. h. es beantwortet sie mit Beherrschung.

Das Vogelohr hat somit ein *Auflösungsvermögen für Klänge*. Über das absolute Gehör des Vogels können wir also folgendes aussagen:

1. Töne und Tonfolgen werden auch nach längeren Dressurpausen (Wochen und Monate) behalten und dressurrichtig beantwortet. Das Experiment findet von ornithologischer Seite Bestätigung. „Spottende" Vögel (vgl. S. 206) sind fähig, einmal gehörte Laute und Melodien auch nach sehr langer Zeit in der absoluten Tonhöhe wiederzugeben, selbst wenn in der Zwischenzeit mehrmaliger Quartierwechsel[1] stattgefunden hat.

[1] Es werden auch Motive aus dem südlichen Winterquartier teilweise wiedergegeben, aber immer in derselben Tonhöhe.

2. Nicht nur für größere musikalische Tonschritte ist ein absolutes Gehör vorhanden, sondern auch allerfeinste Schwingungsdifferenzen haften (je nach der untersuchten Frequenzhöhe kleinere oder größere Tondifferenzen) außerordentlich gut im Gedächtnis.

3. Klänge können an ihrem tonalen Aufbau erkannt werden; Futterklänge spontan, Nichtfutterintervalle nach Dressur.

Über die Musikalität kann damit noch nichts ausgesagt werden.

2. Versuche mit Klangfarben.

Für das Zustandekommen eines verschiedenartigen Klangcharakters bei ein und demselben Ton sind Zahl, Stärke und Verteilung der Obertöne maßgebend, dann der „Einschwingvorgang“[1], die Höhenlage („hell-dunkel“) und die Lautstärke eines Tons, schließlich die Spielweise des Instruments.

Unmusikalische und solche, die sich wenig mit Tönen beschäftigen, beachten an einem Schalleindruck weniger die absolute Tonhöhe, sondern Begleiterscheinungen, wie Klangfarbe, Intensität usw. (Musikalische höchstens im Gebiet der oberen und unteren Hörgrenze.) Diese Begleitmerkmale haben in der Natur eine viel größere Bedeutung als „reine“ Töne, die unter natürlichen Bedingungen überhaupt nicht vorkommen. Da sich ohne Beteiligung des Gesichtssinns rein akustisch ein Objekt an seiner „Geräuschfarbe“ erkennen läßt (z. B. Papierrascheln, Tellerklappern usw.), so ist die Empfindlichkeit für Klangfarben von biologischer Wichtigkeit, besonders für Lebewesen mit häufig wechselnden Umweltsbedingungen (Erkennen von Artgenosse, Feind, Beute vgl. Tullio 1929).

An Tieren sind bis jetzt nur wenige Versuche über die Unterscheidungsfähigkeit von Klangfarben angestellt worden.

Hunde sollen nach v. Hornbostel (1926) außerordentlich klangfarbeempfindlich sein, d. h. sie erkennen ihren Dressurton auf anderen Instrumenten nicht wieder. Dies wäre dem Verhalten unmusikalischer Menschen gleich zu setzen, nur mit dem Unterschied, daß die Hunde für die Dressurklangfarbe ein absolutes Gehör haben, Unmusikalische hingegen nicht.

Auch für *Ellritzen* gilt Ähnliches. Nach Stetters Untersuchungen wird jedoch der Dressurton auch in anderen Klangfarben wieder erkannt, wenn die betreffenden Instrumententöne einen verwandten Aufbau bezüglich ihrer Obertöne aufweisen (allerdings nur recht unsicher).

Für *Vögel* liegen bisher nur ornithologische Beobachtungen vor. Unter ihnen verdienen besonderes Interesse die „*Spötter*“, das sind solche Vogelarten, die befähigt sind, außer ihrem arteigenen Lied auch Laute der Umgebung zu imitieren: sie „spotten“.

Von einem Spotten spricht man auch dann, wenn nur die Klangfarbe abgeändert wird, die Tonhöhe aber dieselbe bleibt. Auf diese Weise spotten oft Grasmücke, Rotschwänzchen, Wintergoldhähnchen, Saatkrähe.

---

[1] Jeder schwingungsfähige Körper bildet vor der eigentlichen Normalschwingung infolge der Anfangserregung erst ein regelloses Geräuschspektrum aus, das für die Klangfarbe eines Instrumentes sehr wichtig ist. Backhaus stellte fest, daß selbst geübte Musiker außerstande sind, bekannte Instrumentenklänge wieder zu erkennen, wenn sie ohne das „Einschwinggeräusch“ gleich die Normalschwingung der Töne zu hören bekommen. (Zit. nach Schemintzky, S. 116).

Für die Güte der Nachahmung ist ein feines Gehör, eine gewisse musikalische Begabung und ein möglichst ähnlicher Bau des Syrinxapparates maßgebend[1].

Tabelle 19. Versuchstier Sittich „Schwups". Ergebnisse der Klangfarbenversuche (1. Versuchsreihe: Mai, Juni 1937). Futterton e^2.

Instrument (Art der Tonproduktion)	Versuchszahl F	Versuchszahl G	Ergebnisse[2] mit F = e^2 ausgeprägt positiv + %	○ %	| %	ausgeprägt negativ — %	Ergebnisse[2] mit $\begin{cases} G \\ \Delta F \end{cases} = \pm 20$ Hz ausgeprägt positiv + %	○ %	| %	ausgeprägt negativ — %
Edelmannpfeife	38	30	79	13	2	6	70	17		13
Stimmgabel[3]	25	20	36	44	20		60	15	5	20
Cello[3] (auf der a-Saite gestrichen)	15	5	67	13		20	100			
Cello[3] (Flageolett)	5		80	20						
Violine (e-Saite, gestrichen)	16			20		80				
Blockflöte[3]	10		60	20		20				
Konzertflöte[3]	5		80			20				

Tabelle 20. Ergebnisse der Klangfarbenversuche (2. Versuchsreihe Juli 1938). Futterton a^1.

Instrument (Art der Tonproduktion)	Versuchszahl F	Versuchszahl G	F = a^1 bewirkt FR (in %) ausgeprägt +	zögernd ○	keine —	G = e^2 bewirkt FR (in %) keine +	undeutlich ?	ausgeprägt —
Edelmannpfeife (allein)[4]	10	10	90	10		80		20
Edelmannpfeife (abwechselnde Versuche mit Ziehharm.)	16	5	50	12,5	37,5	20	60	20
Edelmannpfeife (abwechselnd mit Geige, gezupft)	10		60		40			
Edelmannpfeife (abwechselnd mit Stimmgabel)	3	3	100			100		
Ziehharmonika	25	5		12	88	20	80	
Violine[3] (a-Saite, gezupft)	30		67	16,5	16,5			
Violine[3] (a-Saite, gestrichen)	14	11	57	21,5	21,5	64	9	27
Violine[3] (d-Saite, gestrichen)	10	4	60	20	20	25	50	25
Stimmgabel[3]	16	12	62,5	25	12,5	66,6	25	8,4
Trompete[3]	5		100					
Vox humana[3]	10	3	50	20	30	67	33	

Die Beobachtungen an spottenden Vögeln weisen darauf hin, daß eine Empfindlichkeit für Klangfarben vorhanden ist. Es fragt sich nur, ob

[1] Im übrigen wird auf die umfangreiche Literatur „Über das Spotten der Vögel" verwiesen (Frieling, Hoffmann, Stadler usw.).

[2] Die Bewertungszeichen vgl. S. 176.

[3] Keine Schwierigkeiten, die Assoziation auch bei dieser Klangfarbe zu bilden.

[4] Ohne abwechselnde Versuche mit anderen Instrumenten.

dabei der Einschwingvorgang oder die Zahl und Stärke der Obertöne die bevorzugte Rolle spielt.

In den vorliegenden Versuchen an dem Wellensittich sollte festgestellt werden, ob die Dressurbedeutung eines Tons durch andere Klangfarben geschädigt wird oder nicht.

Die bisherigen Dressurtöne waren von obertonarmen Schallquellen (Edelmannpfeifen, Stimmgabeln) geliefert worden, als Gegensatz wurden jetzt vorwiegend obertonreiche Schallquellen verwendet.

Die Versuche mußten wieder als Spontanversuche, also nur mit wenigen Testproben, angestellt werden. F und G haben auf den verschiedenen Instrumenten ihre ursprüngliche Bedeutung, also bei F Fütterung, bei G nicht. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 19 und 20 zusammengestellt.

Betrachtet man das Verhältnis von richtigen und falschen Reaktionen, so zeigt es sich, daß um so weniger Fehler gemacht werden, je ähnlicher der Toneindruck der fremden Schallquelle mit dem obertonarmen Dressurton der Edelmannpfeife übereinstimmt. So werden z. B. Töne, die auf der a-Saite der Violine gezupft hervorgebracht wurden, weniger zögernd beantwortet als gestrichene Geigentöne, bei denen noch das Reibegeräusch des Bogens hinzukommt[1].

Auch die Stimmgabeltöne, die ziemlich obertonfrei sind, wurden nach 1—2 orientierenden Versuchen genau so rasch wie die Dressurtöne der Edelmannpfeife beantwortet.

Im Gegensatz dazu stehen die negativen Ergebnisse bei den Ziehharmonikaversuchen und den der leeren gestrichenen e-Saite der Violine (Stahlsaite!). Es war unmöglich, das Tier auf einen Ziehharmonikaton hin zur Futterreaktion zu bringen. Selbst, als die Klappe geöffnet war und das Futter sichtbar wurde, stand das Vt noch derart unter dem ungewohnten akustischen Eindruck, daß es nicht oder nur zögernd zu picken wagte.

Wie sehr sich dieser ungewohnte Eindruck auf das ganze Verhalten auswirkte, zeigen sehr instruktiv die Wechselversuche mit der Edelmannpfeife und den fremden Schallquellen:

Wurden die Versuche nur mit der Edelmannpfeife durchgeführt, also ohne zwischendurch andere Instrumententöne für ein oder den anderen Versuch zu benützen, so waren die Ergebnisse ausnahmslos positiv. Fand jedoch ein Wechsel mit fremden Tonquellen statt, so wiesen die Versuche mit der Edelmannpfeife schlechtere Ergebnisse auf. Diese Verschlechterung nimmt um so mehr zu, je stärker die Klangfarbe der fremden Schallquelle von der gewohnten Dressurklangfarbe abweicht. Dies geht aus den ersten 4 Reihen der Tabelle 20 hervor, ebenso aus nachfolgender Zusammenstellung (Tabelle 21).

[1] Gezupfte Töne sind wegen rascher Dämpfung relativ obertonarm.

Es kann möglich sein, daß außer dem Gehalt an Obertönen auch der „Einschwingvorgang" des Instruments einen Einfluß auf die fehlerhaften Ergebnisse hat[1]. Diese sind bei den Ziehharmonikatönen besonders hoch, und gerade hier ist die Art der Einschwingung ziemlich außergewöhnlich. Während bei allen übrigen verwendeten Instrumenten die vollwertige Schwingung des Tons längere Zeit unverändert bleibt, findet beim Ziehharmonikaton erst ein allmähliches Anwachsen der Amplitude statt, das aber dann ganz plötzlich abreißt. Aus dem beigefügten Oszillogramm (Abb. 15) wird dieser Vorgang ersichtlich. Die Länge der Einschwingzeit bei den benützten Instrumenten ist auf Tabelle 22 angegeben.

Tabelle 21.

Edelmannpfeife im Wechsel mit	Positive Futterreaktionen in %
Edelmannpfeife . .	100!
Stimmgabel . . .	80—90
Violine	60
Ziehharmonika . .	50!!

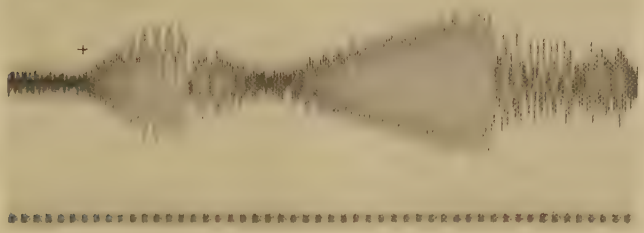

Abb. 15. Oszillogramm eines Ziehharmonikatons. (Aus Schemintzky: „Die Welt des Schalls".) „Ton" = physikalischer „Klang". Beginn der zusammengesetzten Schwingung bei der mit + bezeichneten Stelle. Die unterbrochene schwarze Linie unterhalb der Schwingungskurve gibt Zeitmarken an: Der Abstand zwischen zwei hellen Unterbrechungsstellen entspricht einer hundertstel Sekunde.

Wird also ein und derselbe Ton auf verschiedenen Schallquellen erzeugt, so ist seine *absolute Höhe* für die Reaktion ausschlaggebend, auch wenn in geringem Maße seine Klangfarbe differiert. Überdeckt die *Klangfarbe* die reinen Sinusschwingungen jedoch zu sehr, dann wird die *Dressurbedeutung des Tons geschädigt.* Nach dem Grad dieser Schädigung lassen sich die bei der Dressur verwendeten Instrumente in folgende Reihe ordnen:

Tabelle 22.
Vergleich der Einschwingzeiten einiger Dressurinstrumente. (Umgeschrieben nach Schemintzky.)

Instrument	Einschwingzeit in $^1/_{1000}$ Sek.
Flöte	200—300
Ziehharmonika .	100—200
Geige	80—120
Trompete . . .	14— 20

1. Blasinstrumente (Edelmannpfeife, Block-, Konzertflöte, Trompete), 2. Stimmgabel, 3. Streichinstrumente (Cello, Geige gezupft, Geige gestrichen — gegriffene Töne auf Darmsaiten, und schließlich

[1] Dies konnte aus technischen Gründen leider nicht genauer untersucht werden.

Geige gestrichen — leere Saite), 4. menschliche Stimme, 5. Ziehharmonika [1].

Da das Erkennen obertonhaltiger Töne leichter ist, besonders für Unmusikalische, so sind die positiven Reaktionen auf „leere", obertonarme Töne im Sinne einer gewissen Musikalität zu werten. Wenn also die „Spötter" fremde Laute sowohl in der Tonhöhe als auch, soweit es der Kehlkopfbau (Rüppell 1933) zuläßt, in der Klangfarbe so genau wie möglich nachahmen, so ist das sicherlich eine *musikalische Leistung*.

3. Versuche mit Klängen.

In den obenerwähnten Versuchen wurde von der Voraussetzung ausgegangen, daß der Vogel imstande ist, 2 verschiedene *Klänge* zu unterscheiden. Diese Annahme muß unter Beweis gestellt werden. Denn die guten Ergebnisse bei den Differenzversuchen mit *Tönen* berechtigen keineswegs, daraus ein ebenso gutes *Klang*unterscheidungsvermögen zu folgern. Hierfür ist eine besondere Analysierfähigkeit erforderlich, die nicht nur einen differenzierungsfähigen Sinnesapparat, sondern auch gewisse höhere, zentrale Funktionen voraussetzt.

Nach Buytendijk und Fischel bereitete es z. B. *Hunden*, die ja bekanntlich (Pawlow) Achteltöne noch ohne weiteres differenzieren, große Schwierigkeiten, verschiedene Akkorde auseinander zu halten. Nach 350 Versuchen wurden bei der Unterscheidung einer Quarte und einer Sexte noch 10% Fehler gemacht. Außerdem wurden die andressierten Klänge eine Oktave höher oder tiefer nicht wieder erkannt, so daß vom Hund wahrscheinlich *kein Transponiervermögen* erwartet werden darf.

a) Unterscheidung von musikalischen Klängen. Der Wellensittich „Schwups" wurde auf die Futterterz a^3 / f^3 dressiert, wozu 4—7 Versuche benötigt wurden, sodann auf die Quarte a^3 / e^3, die mit Beherrschung beantwortet werden mußte. Die beiden Intervalle unterscheiden sich also bezüglich ihres Tonabstandes durch 1 Halbton, eine Distanz, die das Vt mit Leichtigkeit differenziert. Trotzdem ist eine lange Versuchsperiode für diese neue Aufgabe nötig. Man muß deshalb annehmen, daß zur Unterscheidung von Klängen eben nicht der absolute Frequenzabstand, sondern das *Verhältnis der Schwingungszahlen*, also der *Klangcharakter*, ausschlaggebend ist.

Die Abb. 16 veranschaulicht den Gang der Dressur: Erst nach 120 Versuchen sinkt die Fehlerkurve beim G ab, um nach 220 (240 nach Beginn der F-Versuche; vgl. S. 205) Versuchen den 0-Wert zu erreichen. Der

[1] Als Vergleich hierzu möchte ich das Urteil einiger mit absolutem Gehör begabten Menschen über die Bestimmbarkeit der Instrumente anführen: 1. Klavier (die jahrelange Gewöhnung an den Klangcharakter wird hierbei einen Einfluß haben!), 2. Geige, 3. Holzblasinstrumente, 4. Blechinstrumente, 5. Stimmgabeln, 6. menschliche Stimme.

Die Reihenfolge ist also gerade umgekehrt wie beim Vogel, d. h. am leichtesten werden Instrumente mit *obertonreichen* Tönen identifiziert.

Futterklang weist unter dem Einfluß der neu einsetzenden G-Dressur etwas mehr Fehler auf als zuvor, aber 25% Fehler (5 GR auf 20 Versuche) werden nicht überstiegen. Wenn die Zahl der Übungsversuche auch höher als bei anderen Dressuraufgaben war, so ist sie immerhin doch bedeutend niedriger als die entsprechenden beim Hund. Der Vogel leistet in dieser Beziehung also mehr als der Hund.

b) Einfluß der Kombinationstöne. Nach den Untersuchungen von Helmholtz und Stumpf treten beim Zusammenklang zweier Primärtöne sog. Kombinations- oder Tartinische Töne auf. Sie sind am deutlichsten, wenn sie innerhalb der gleichen Oktave liegen und nicht gerade in einem

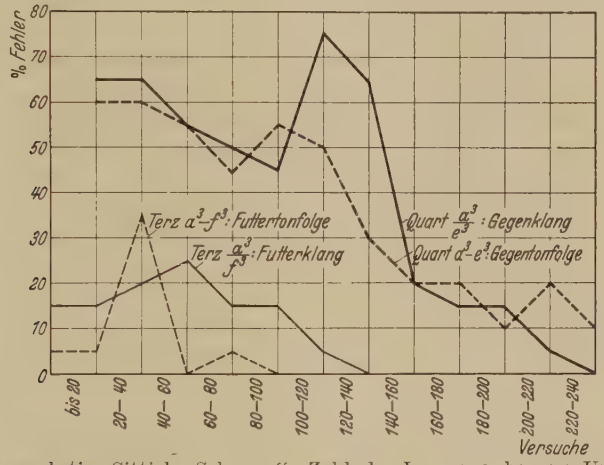

Abb. 16. Versuchstier Sittich „Schwups". Zahl der Lernversuche zur Unterscheidung von Klängen und Tonfolgen (siehe Seite 205 und 210).

gut verschmelzenden Intervall zueinander stehen, am klarsten bei kleinen Intervallen (Terz). Nach Waetzmann nimmt die Stärke der Kombinationstöne mit wachsender Höhe der Primärtöne zu, und zwar lassen sie sich objektiv nachweisen bei Benutzung ein und derselben Schallquelle, bei 2 getrennten Schallquellen sind sie jedoch subjektiver Natur. Diese subjektiven Kombinationstöne sollen durch den unsymmetrischen Bau des Trommelfells und der Mittelohrknochen zustande kommen.

Bei der vorliegenden Versuchsanordnung traten die Kombinationstöne sehr deutlich hervor. Es bestand daher die Möglichkeit, daß sie bei der Unterscheidung von Terz und Quart eine ausschlaggebende Rolle spielten. Die Art der Klangproduktion entsprach den Voraussetzungen subjektiver Kombinationstöne (2 Schallquellen, kleine Intervalle innerhalb derselben Oktave). Da jedoch das Mittelohr der Vögel anders als das der Säugetiere gebaut ist (nach außen gewölbtes Trommelfell, Columella auris, keine tympanalen Binnenmuskeln), so besteht die Frage, ob überhaupt der Vogel, ähnlich wie der Mensch, Kombinationstöne

empfindet. Sollte dies der Fall sein, dann ist trotzdem kaum anzunehmen, daß sich das Vt bei der Unterscheidung von Terz und Quart nach den Kombinationstönen gerichtet hat. Denn erstens entsteht bei Terz und Quart ein um 70 Hz differierender Kombinationston (Differenzton): *Terz* $a^3 / f^3 = 1740—1381 = 369$ Hz, *Quart* $a^3 / e^3 = 1740—1303 = 436$. Wie die Differenzdressuren ergeben hatten, kann das Vt ohne weiteres einen derart hohen Frequenzunterschied erkennen; die lange Lernzeit bei der Klangunterscheidung steht hierzu aber in keinem Verhältnis! — Zweitens treten die Kombinationstöne hinsichtlich ihrer Lautstärke den Primärtönen gegenüber stark zurück und sind in 1 m Entfernung kaum noch hörbar. Das Vt steht aber 1—1,50 m von den Schallquellen entfernt. Wenn es unter diesen Bedingungen die leisen Kombinationstöne den viel lauteren Primärtönen vorziehen würde, so wäre das eine weit beachtlichere Leistung als die der Klangunterscheidung.

Obwohl obige Erwägungen gegen einen Einfluß der Kombinationstöne sprechen, wurden doch folgende Versuche durchgeführt:

1. Die aus Terz und Quart errechneten Differenztöne, die am deutlichsten hörbar sind, *369 Hz* und *436 Hz*, wurden isoliert gegeben und die Spontanreaktionen des Tieres beobachtet.

Unter 10 Versuchen reagierte das Tier 2mal mit „Stutzen", aber nie mit FR. Isolierte Kombinationstöne haben also keinen Einfluß auf das Ergebnis der Klangversuche.

2. Damit bleibt die Möglichkeit allerdings immer noch offen, daß bei einem Klang, *zusammen* mit einem Differenzton, besondere Komplexqualitäten vorliegen. Deshalb wurde der jeweilige Kombinationston in Verbindung mit den Dressurklängen geboten, er tritt gegen diese also stark hervor.

Dazu möchte ich einen Protokollauszug bringen: Protokoll 2 (K_F = Kombinationston der Futterterz, K_G = Kombinationston der Quarte).

Protokoll 2.

Zeit	Nr.	Bemerkungen	Note	L	Dressurton
15^{15}	1	Erst überstürzte FR; vor d. Kl. aber plötzlich stoppen, lauschen, TR, 1mal klopfen, weg. Erst, als der F ohne d. K, sofort wieder zur Kl und FR	? (+)	sp (40)	$F + K_F$
15^{25}	2	Zunächst nur G; keine FR; dann K_F dazu, stutzen, aber keine FR	+		$G + K_F$
15^{28}	3	Völlige Nichtbeachtung	+		$G + K_F$
15^{35}	4	$F + K_f$ gleichzeitig. Stutzt, keine FR	(+)		$F + K_F$
15^{38}	5	Sofort klare FR	+	sp	F
15^{45}	6	Keine FR	(+)		$F + K_G$
15^{55}	7	Beim F allein unsicher, erst zur KL, dort stopp, schaut nach allen Seiten, dann zögernd 1 Körnchen picken, weg	?	sp (15)	F
16^{00}	8	Wie bei 1, klopft erst bei F allein!	(○)		F, K_F

Da Gefahr einer Schädigung des F (Nr. 7) bestand, konnten keine weiteren Proben durchgeführt werden. Soviel wird aber deutlich, daß der F zusammen mit einem anderen Ton seine Bedeutung stark einbüßt. Da der bekannte Terzklang auch in der neuen Akkordkombination deutlich hervortritt, so ist die angebahnte FR (bei 1,8) verständlich. Klare FR erfolgt aber nur, wenn der F allein geboten wird. G zusammen mit dem Kombinationston von F bewirkt dasselbe wie G allein. Also kann der Einfluß von *Kombinationstönen* bei der Unterscheidung von Terz und Quarte *keine Rolle* gespielt haben.

c) Versuche über das Transponiervermögen. Unter Transponieren versteht man die Übertragung eines Tonsatzes in eine andere Tonart.

Nach v. Hornbostel ist die Fähigkeit des Transponierens eine so *allgemeine menschliche* Begabung, daß sie dem einzelnen gar nicht bewußt wird. Bei *Tieren* wurde sie bisher kaum beobachtet, im Gegenteil, ihr Fehlen (vgl. S. 210, Fischels Versuche am Hund). *Vögeln* wurde ein Transponiervermögen abgesprochen (s. S. 202 v. Hornbostel!), allerdings ohne experimentelle Beweise. Man findet zwar in der Literatur nur spärliche Angaben, hauptsächlich von Vogelliebhabern, weniger von Ornithologen, und besonders unsere guten Vogelkenner Brehm, Heinroth, Hoffmann usw. erwähnen diese Frage nicht. Aber rein überlegungsgemäß sollte man ein Transponiervermögen annehmen dürfen. Denn es ist fast ausgeschlossen, daß zufällig alle Personen, die ihre Gimpel (vgl. Legenbaur) oder Kanaris auf vorgepfiffene Lieder abrichten, über ein absolutes Gehör verfügen. Wenn die Tiere aber trotzdem diese Lieder richtig lernen, so müssen sie transponieren können.

Nachfolgend möchte ich eine Zusammenstellung sämtlicher Autoren geben, die die Frage des Transponierens bei Vögeln erwähnen:

Beyer erzählt von einer schlagenden Nachtigall, daß diese auf sein lockendes „djü" hin ihr Lied unterbrochen habe, um dann in derselben Tonhöhe wie er fortzufahren, und dies immer wieder, so oft er seine Pfeifentöne erhöhte. Das Tier hatte also ihr Lied nach oben transponiert.

Cornel Schmitt und Stadler berichten von Wintergoldhähnchen und Feldlerchen ähnliche Beobachtungen.

O. Abraham, Lukanus, L. Schmutzler hatten Graupapageien und Stare stets in einer *bestimmten* Tonart Lieder beigebracht. Trafen die Tiere den Einsatz nicht richtig, hatten sie z. B. zu hoch begonnen, so daß die höchsten Töne des Motivs über die Stimmgrenze reichten, so wurde die Partie sofort abgebrochen und in der richtigen Tonhöhe wiederholt.

Hans Stadler weist darauf hin, daß man bei aufmerksamer Freilandbeobachtung jederzeit transponierende Vögel hören kann. Paradebeispiele sind Kohlmeise und Goldammer, weiterhin Alpen-, Blau-, Bergmeise und Pirol.

Dr. Stadler hatte außerdem die Freundlichkeit, mir eine persönliche Beobachtung mitzuteilen: Ein Mainastar[1] pfiff einen Schlager in verschiedenen Tonarten. Wurde ihm in E-Dur vorgesungen, so führte er sein Lied in derselben Tonart weiter, die dann, selbst über längere Pausen hinweg, eingehalten wurde.

[1] *Eulabes religiosa.*

Diese Beobachtungen bestätigen einerseits das gute, absolute Tongefühl der Vögel (s. S. 193, 195, 201f.) und andererseits, daß eine wohl ausgebildete Transponierfähigkeit vorhanden sein muß.

Transponierversuche mit Klängen. (Sittich „Schwups".) Den Versuchen ging folgende Überlegung voraus: Kann man ein „aktives", d. h. ein stimmlich produziertes Transponieren wegen des ausgeprägter absoluten Tongefühls bei Vögeln selten beobachten, so muß es sich „passiv" nachweisen lassen; man braucht nur einer Melodie oder einem Akkord einen Dressursinn zu geben, um dann festzustellen, ob derselbe Tonkomplex in anderen Lagen seine Dressurbedeutung verliert oder nicht.

Vorversuche. Während bei den bisherigen Versuchen (s. S. 210) die Quarte e^3 / a^3 durch Erniedrigung des Grundtons aus der Futterterz f^3 / a^3 gebildet worden war, wurde sie jetzt durch Erhöhung des oberen Tons erzielt: f^3 / ais^3.

Unter 40 Versuchen mit den Quarten e^3 / a^3 und $f^3 / ais^3 = G$ gegen $f^3 / a^3 = F$ wurden 39 Versuche richtig, d. h. mit Beherrschung beantwortet.

Es ist also *gleichgültig,* ob das *Quartenintervall* durch *Erhöhung* des oberen oder *Erniedrigung* des unteren Tons aus der Terz entsteht.

Hauptversuche. Für die Aufgabe *„alle Terzen* sollen mit *FR* beantwortet werden", war *keine neue Andressur* nötig. Nach einer „Assoziationsphase" von 5 Versuchen hatten alle untersuchten Terzklänge für das Vt Futtersinn.

Die Erkennung des Terzcharakters in verschiedenen Lagen ist eine beachtliche Leistung. Da die damit verbundene Reaktion aber durch Befriedigung des Freßtriebs eine biologische Bedeutung für den Vogel hat, so sind die Versuche mit dem G-Intervall eigentlich erst die entscheidenden: Alle *Quarten* sollen mit *Beherrschung* beantwortet werden.

Tabelle 23.

Versuchsreihe	Dressur	n	Fehler in %
1 (Dez. 1937)	F	50	10
	G	120	31
2 (Jan. 1938)	F	65	28
	G	40	26

Es wurden 2 Versuchsreihen mit insgesamt 275 Versuchen durchgeführt. Verwendung von Klängen innerhalb e^2 und c^4.

Die ersten Versuche wurden mit „Stutzen" als etwas Neues aufgenommen und nicht mit einer eindeutigen Reaktion beantwortet. Der Fehlerprozentsatz bleibt aber unter dem Wahrscheinlichkeitswert. Außerdem war nicht etwa ein Lernerfolg zu verzeichnen, sondern die Fehler waren über die gesamte Versuchsserie verteilt (Tabelle 23).

Auffällig sind die vielen Fehler der 2. Versuchsreihe beim F. Wahrscheinlich ist eine allgemeine Unstimmigkeit des Tieres (vgl. S. 225f.) und als Folge davon mangelnde Freßlust daran schuld. Krankheitssymptome waren nicht feststellbar.

Nach einigen Tagen einer Dressurunterbrechung wurden die Versuche wieder aufgenommen. Es sollte die Spontanwirkung von Terz und Quart in einem größeren Tonbereich (c^1 / c^4) ermittelt werden. Zu diesem Zweck wurde in der 4-gestrichenen Oktave begonnen und dann in Form von Reihenversuchen mit Ganz- oder Halbtonschritten bis zur 1-gestrichenen Oktave herabgegangen.

Von den 170 Versuchen wiesen 17, also 10%, falsche Ergebnisse auf, außerdem waren 5 Futterdressuren nicht zu werten, da die ausbleibende FR auf sekundäre Einflüsse zurückzuführen war. Der Vogel ist also befähigt, *bekannte Klänge* unabhängig von ihrer Stellung in der Tonskala *spontan*, d. h. ohne Dressur, wieder zu erkennen[1], er kann mit anderen Worten *transponieren*.

Die Bedeutung anderer Intervalle. Im Laufe der Versuche war es versehentlich mehrfach passiert, daß statt der großen Terz eine kleine verwendet wurde. Die Reaktionen erfolgten trotzdem im Dressursinn. Als aber auch die große Sekunde die FR auslöste, größere Intervalle als die Terz dagegen nicht, lag die Vermutung nahe, daß alle Intervalle kleiner als die Terz Futtersinn haben, und daß alle größeren mit Beherrschung beantwortet werden.

Um dies zu prüfen, wurde folgende Aufgabe gestellt: Es sollten vom großen Terzintervall = F alle übrigen Intervalle = G unterschieden werden. Die Ergebnisse dieser Versuche sind auf Tabelle 24 zusammengestellt.

Tabelle 24.

Intervall	n	Ergebnisse in %	
		+	—
Dezime	2	100	0
Septime	7	71,5	28,5
Sexte	8	75	25
Quinte	9	100	0
Quarte	50	80	20
Kleine Terz! . . .	35	91,5	8,5
Große Sek.! . . .	30	27	*73!*
Kleine Sek.! . . .	12	83,4	16,6

Das Vt *unterscheidet* also *alle übrigen Intervalle von dem Futterintervall*, mit Ausnahme der großen Sekunde.

Die Versuche mit der kleinen Terz, großen und kleinen Sekunde sind insofern wichtig, weil die *Vermutung, daß alle Intervalle kleiner als Terz Futtersinn* haben, *nicht bestätigt* wurde.

Die Intervalle waren in willkürlichem Wechsel (also keine Dressur!) innerhalb der 1—3-gestrichenen Oktave geboten worden.

Überraschend ist die Fehlerhäufung bei der großen Sekunde (Tabelle 24!). Man muß darnach annehmen, daß der „Begriff" der großen

[1] Das spontane Erkennen bekannter Reizqualitäten, unabhängig von ihrer Lage im Raum, scheint ein vitales „Urvermögen" (wie Koehler es bezeichnet) zu sein. Denn Ähnliches wissen wir aus anderen Sinnesgebieten, z. B. dem Gesichtssinn. So unterschieden Koehlers Tauben von vornherein eine geringe Zahl Körner von einer großen, und die dressurgewohnte Körnerzahl (z. B. 3) wurde in jeder beliebigen räumlichen Anordnung wiedererkannt.

Terz sich auch noch auf die große Sekunde ausdehnt, weil die kleine Sekunde, die für unser Ohr eine schreiende Dissonanz ist, wieder ausgezeichnet von dem „Terzbegriff" getrennt wird. Die Verwechslung von großer Terz und großer Sekunde deutet darauf hin, daß:

1. der Vogel anscheinend *keine klanglich ähnlichen Harmoniegefühle* hat wie wir (jedenfalls Europäer!),

2. daß ein Ton oder Klang in seiner Dressurauswirkung nicht immer scharf umrissen ist[1].

Es fragt sich daher, ob eine *Dressur* zur Unterscheidung von großer Terz und großer Sekunde überhaupt *möglich* ist und wieviel Versuche hierfür benötigt werden (Tabelle 25!).

Als Dressurklänge wurden verwendet: $F = e^2 / g^2$; $G = e^2 / fis^2$.

Die Tabelle 25 zeigt, daß die *Unterscheidung* von *Terz / große Sekunde*, für unser Ohr ausgeprägt als Wohlklang und Disharmonie verschieden, für das Vogelohr *nicht ganz einfach* zu sein scheint.

Tabelle 25.

Nr.	% Fehler
1—10	30
10—20	50
20—30	40
30—40	20
40—50	10
50—60	20
60—70	40
70—80	20

Die Fehlerzahl für je 10 Versuche ist sehr sprunghaft; wenn man glaubt, einen Lernerfolg erzielt zu haben, dann überzeugen die nächsten Versuche wieder vom Gegenteil. Über eine längere Dressurzeit hin ließe sich sicher auch die große Sekunde zur Unterscheidung bringen.

Die Ergebnisse der beiden Tabellen 24 und 25 deuten darauf hin, daß der Vogel andere Klangempfindungen hat als wir. Das kann eigentlich nicht verwundern, wenn man bedenkt, welche großen ethnographischen Verschiedenheiten in der klanglichen Auffassung allein beim Menschen bestehen. Das musikalische Empfinden des Vogels ist vielleicht am ehesten mit dem von vielen Naturvölkern zu vergleichen. In beiden Fällen wird keine „polyphone", harmonische Musik produziert, sondern eine „homophon-melodische" in Form von Tonfolgen. Gerade so, wie viele *exotische* Menschen unsere Akkordmusik „unbegreiflich, unübersichtlich und abscheulich" finden, also *Konsonanzen nicht verstehen* und Dissonanzen nicht als störend empfinden (vgl. v. Hornbostel 1910, 5 u. 6), können auch die für *unser* Ohr „wohlklingenden" bzw. disharmonischen Intervalle auf den Vogel wirken. Bei der Beurteilung der Versuche mit Klängen (z. B. Sekunde-Terz), muß dies jedenfalls in Betracht gezogen werden.

Die Dressurwirkung der verschiedenen Intervalle soll im folgenden (besonders im Abschnitt „Tonverschmelzung") besprochen werden.

4. Untersuchungen über die Verwechslung der Intervalle, im besonderen der Oktave (Vergleich vom Mensch und einigen Wirbeltieren).

a) Beurteilung sukzessiver Töne. Bekanntlich gibt es Menschen, die beim Nachsingen unabsichtlich statt der Originaltonhöhe die Oktave,

[1] Vgl. S. 186 unten.

Quinte oder Quarte treffen. Diese Erscheinung der „Intervallverwechslung" war schon den ägyptischen und griechischen Musiktheoretikern[1] bekannt. Sie wird in neuerer Zeit von Stumpf mit der sog. „Tonverschmelzung" zu erklären versucht; es besteht nämlich eine Beziehung zwischen der Häufigkeit der verwechselten Intervalle und dem Schwingungszahlenverhältnis der Intervalltöne (vgl. S. 219).

Ein besonders auffälliges Beispiel bietet die *Oktave* mit den Verhältniszahlen 1 : 2. Grundton und Oktave erscheinen unserm Ohr derart verwandt, daß wir das Singen von Männern und Frauen in Oktavenparallelen geradezu als „*Unisono*" bezeichnen.

Bei *Tieren* scheint eine Intervallverwechslung im allgemeinen nicht (vgl. S. 213) vorzukommen (vgl. aber S. 218, Anm.). Hunde (v. Hornbostel) und Fische (Stetter) reagieren auf die Oktave des Futtertons nicht anders als auf jeden sonstigen, abweichenden Ton. An Vögeln sind hierüber noch keine Untersuchungen gemacht worden. An Freilandbeobachtungen ist mir nur ein einziger Fall bekannt:

Nach Cornel Schmitt und Stadler traf ein Star, der den Kuckucksruf nachahmte, den Terzschritt oft „eine *Oktave zu hoch*, wie es auch menschliche Laien tun, wenn sie einen Kuckuck nachpfeifen".

Versuche mit einem Futterton. Der Kreuzschnabel wurde auf F = e^6 dressiert. Nachdem auf diesen Ton eine gute Futterassoziation ausgebildet war, wurde als Gegenton zunächst nicht wie gewöhnlich die tiefere Oktave abdifferenziert, sondern die Septime. Wäre nämlich von vornherein die Oktave abdressiert worden, so hätte es sich nicht mit Sicherheit entscheiden lassen, ob die richtigen Reaktionen bei dem Oktavengegenton (also GR) auf die gute Auffassungsgabe des Tieres für Differenztöne zurückzuführen ist oder ob die Oktave als so fremd empfunden wird, daß eine Verwechslung mit dem Grundton vollkommen ausgeschlossen ist.

Wird aber statt der Oktave zunächst ein anderes kleineres Intervall erlernt, dann muß das größere Intervall auf alle Fälle unterschieden werden können, auch wenn das Tier vorher noch nicht darauf dressiert worden ist. Erfolgen unter diesen Bedingungen Futterreaktionen auf die Oktave, dann ist das ein eindeutiger Beweis für Oktavenverwechslung.

In 2 Versuchsreihen mit insgesamt 110 Versuchen (s. Tabelle 26) wurde die *Oktave des F* (untersucht wurde die Oktave unterhalb des F!) *niemals mit FR* beantwortet, 3mal verlief die Reaktion zweifelhaft.

Versuche mit zwei Futtertönen. Bei der obigen Dressurmethode läßt sich eventuell einwenden, daß die eingestreuten Spontanversuche mit dem Oktavenintervall gar keine solchen gewesen seien. Denn da der F immer höher als die untersuchten Intervalltöne gewesen war, so bestand die Möglichkeit, daß sich die Gegentonbedeutung nicht auf bestimmte Intervalle, sondern einfach auf *alle* Töne unterhalb des F bezogen hatte.

Um diesen Einwand zu entkräften, wurden 2 Futtertöne andressiert (c^1 und e^2), die nach oben und nach unten eine Reihe von Gegentönen

[1] Aristoxenes, Harmon. 28.

begrenzten. Diese lagen somit teils ober-, teils unterhalb ihres Futtertons, je nachdem, auf welchen der beiden F man sie bezog. — Aus Tabelle 27 wird ersichtlich, daß auf die Oktaven (untersucht wurden die zwischen den beiden F liegenden, also c^2 und e^1) nicht mehr falsche Reaktionen, also FR, erfolgten als auf die übrigen geprüften Gegentöne: Unter 27 Versuchen 2 Fehler (etwa 9%).

Es stimmen diese Ergebnisse also mit den an Hunden und Fischen gemachten Beobachtungen überein: Das *Oktavenintervall* wird *mit dem Dressurton nicht verwechselt.*

Auf Grund dieser Tatsache läßt sich jedoch nicht entscheiden, ob die Oktaven für das Vogelohr keine Ähnlichkeit haben. Stumpf vermutet, daß auch das Tier[1] die Intervallähnlichkeit von Oktaven empfindet, sie aber nicht beachtet.

Tabelle 26. Ergebnisse der Oktavenverwechslungsversuche (Kreuzschnabel).

Datum	Dressurton	Versuchszahl	+	Zweifelhaft	—	% Fehler
Juli 1937	F = e^6	12	11		1	8,3
	G = g^5 Sexte	20	14	1	5	25
	G = e^5 Oktave	18	*16*	2		0
Nov. 1937	F = e^6	15	13		2	13,2
	G = a^5 Quinte	30	22	1	7	23
	G = e^5 Oktave	15	*14*	1		0

Tabelle 27. Ergebnisse der Oktavenversuche. (Sittich „Schwups".)

Versuchszahl				Positive Reaktionen in %				Negative Reaktionen in %			
$F_1 = c^1$	$F_2 = e^2$	G		F_1	F_2	G		F_1	F_2	G	
		G_1 Oktave von F_1 oder F_2	G_2 gewöhnliche			G_1 (Oktave!)	G_2			G_1 (Oktave!)	G_2
12	15	27	32	85	90	*91*	84	15	10	*9*	16

[1] Diese Vermutung scheint in jüngster Zeit eine Bestätigung gefunden zu haben. Bastian Schmidt schreibt: Ein Fuchs „Caro" summte vorgesungene Töne in der richtigen Tonlage nach, wobei er die Töne bis auf einen ganzen oder halben Ton genau traf. Manchmal hatte er aber die Neigung, bis zu einer *Quarte* über die *Oktave hinauszugehen* oder *nicht den Grundton*, sondern die Oktave nachzusingen, bzw. mit dem Grundton zu antworten, wenn die Oktave gegeben war.

Vielleicht kommt bei Tieren im allgemeinen eine Intervallverwechslung weniger vor, weil bei ihnen das absolute Gehör gut entwickelt ist[1].

Zur Klärung der Frage, ob die Oktave mit ihrem Grundton auch für den Vogel in verwandtschaftlicher Beziehung steht, scheinen Versuche mit *gleichzeitig* gebotenen Tönen am besten geeignet.

b) Beurteilung gleichzeitiger Töne („Tonverschmelzung"). Dicht aufeinanderfolgende Töne erkennen wir als eine *Mehrzahl*, gleichzeitig erklingende Töne werden dagegen oft als Einheit empfunden. Stumpf prägte für diese Erscheinung den Begriff der *„Tonverschmelzung"*.

Der aus mehreren Tönen „verschmolzene" Klang ist aber nicht etwa ein „Mischton", auch keine tonale Neubildung (analog den aus der Farbenlehre bekannten Erscheinungen), sondern ein Elementarschall aus fest ineinander gefügten Tönen, die sich je nach der Intervallart mehr oder weniger gut heraushören lassen.

Stumpf findet, daß die „Verschmelzung" um so deutlicher wird, je kleiner das Verhältnis der Schwingungszahlen ist, womit er gleichzeitig die Erscheinung von Konsonanz und Dissonanz erklärt. Unsere musikalischen Intervalle bilden folgende Verschmelzungsstufen: 1. Oktave (1 : 2), 2. Quinte (2 : 3), 3. Quarte (3 : 4), 4. kleine Terz (4 : 5), 5. kleine Sext (3 : 5), 6. große Terz (5 : 6) = „konsonante" Intervalle, 7. alle übrigen Intervalle („dissonante"), von denen die große Sext (5 : 8) und die kleine Septime (4 : 7) am besten verschmelzen.

Die Erscheinung der „Tonverschmelzung" kann Stumpf nicht erklären; er nimmt aber an, daß im Ohr noch getrennte Perzeption und Weiterleitung der Erregungen, und daß erst im Zentrum die einheitliche Empfindung entsteht[2].

Da wir über die Natur der Klangempfindungen nichts Sicheres auszusagen vermögen, so wissen wir auch nicht, ob das Tier einen Klang ähnlich hört wie wir. Besonders für den Vogel ist dies recht fraglich, im Hinblick auf die andersartigen Verhältnisse im Ohr und im Zentrum (Brown, Edinger, Eliasson).

Es wurde deshalb an dem Sittich „Schwups" zu ermitteln versucht, ob es auch für das Vogelohr eine Art „Tonverschmelzung" gibt. Bei den Differenzdressuren hatten wir gesehen, daß zwei Töne um so leichter unterschieden werden, je weiter sie voneinander entfernt sind. Dies müßte auch bei gleichzeitig erklingenden Tönen der Fall sein, wenn die Verschmelzung keine Rolle spielt (vgl. aber S. 210 *a)*!). Im Anschluß an die Oktavenverwechslungsversuche wurde zunächst das *Oktavenintervall*

[1] Bei den Stumpfschen Untersuchungen haben Personen mit absolutem Gehör bedeutend weniger das Oktavenintervall verwechselt als Personen ohne ein solches.

[2] Neuerdings (1920) hat Schaefer mit Hilfe der Resonanzhypothese eine Erklärung versucht: Jede Basilarfaser schwingt nicht nur bei einer Frequenz n, sondern auch bei 2n, 3n, 4n, ... $^1/_2$n, $^1/_3$n... usw., und ihre Nervenfaser gerät bei denselben Schwingungszahlen in Erregung. Außerdem reagieren aber auch alle übrigen für n, 2n, 3n usw. spezifischen Nervenfasern. Wird also das Ohr von dem Ton n getroffen, dann reagieren zum Teil dieselben nervösen Elemente wie bei einem Ton 2n, 3n oder 4n usw., besonders stark die von $^1/_2$n und 2n (Oktave!). Somit wird hier die Verwandtschaft der Intervalle durch die Ähnlichkeit in der Resonanz und der Nervenerregung erklärt.

geprüft. Von dem Futterklang a^2/a^3 mußte der Grundton a^2 als Gegenton unterschieden werden.

In Abb. 17 sehen wir, daß nach 40 Versuchen noch 60% Fehler auf 20 Proben gemacht wurden, und daß erst nach 80 Versuchen die Fehlerkurve auf 20% und nach 120 Versuchen auf 0% absinkt. Im Verhältnis zu der großen Tonspanne von einer Oktave, die bei der Dressur mit sukzessiven Tönen ohne weiteres „spontan" unterschieden wurden, ist der anfänglich hohe Fehlerprozentsatz und die lange Anlernzeit bei den vorliegenden Versuchen immerhin sehr erheblich (vgl. Zahl der Anlernversuche von W_1 auf Tabelle 2).

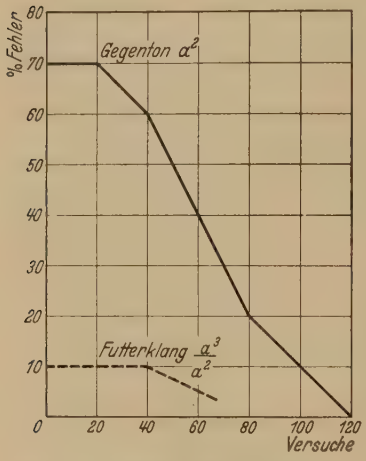

Abb. 17. Versuche über die Oktavenverwechslung bei gleichzeitig gebotenen Tönen („Tonverschmelzung"). Absinken der Fehlerkurve beim Gegenton a^2. Futterklang: a^2/a^3. % bezogen auf je 10 Versuche.

Für die hohe Fehlerzahl scheint somit *nicht der Abstand* der beiden Intervalltöne, sondern das *Verhältnis ihrer Schwingungszahlen* verantwortlich zu sein. Durch *Übung* kann der Grundton aus dem Oktavenklang herausgehört werden.

Wenn wir oben festgestellt hatten, daß ein Dressurton mit dessen Oktave *nicht verwechselt* wird, so sind wir jetzt zu der Annahme berechtigt, daß trotzdem vom Vogel die *Ähnlichkeit* des *Oktavenintervalls* empfunden wird.

Die Untersuchung der übrigen musikalischen Intervalle wird für einen tonpsychologischen Vergleich zwischen Vogel und Mensch ganz aufschlußreich sein.

Es wurden deshalb unter den gleichen Dressurbedingungen alle Intervalle von der Septime bis zur Sekunde in der 2- und 3-gestrichenen Oktave

Tabelle 28.

Intervall (als Klang)	n	Zweifelhafte und negative Ergebnisse beim G in %	Zahl der Anlernversuche	Negative Kontrollreaktionen in %
Oktave: a^2/a^3, G = a^2	100	42	70—80	5
Kl. Septime: g^2/f^3, G = $f^3 + g^2$	80	20	25	15
Kl. Sexte: g^2/e^3	30	13	15	8
Quinte: g^2/d^3	80	36,2	50—60	3
Quarte: e^3/a^3	40	17,5	20	0
Gr. Terz: f^3/a^3	40	25	20	15
Kl. Terz: e^2/g^2	30	17	7	10
Kl. Sekunde: e^2/f^2	40	25,7	30—40	30

Kursivdruck: Futterklang. Als Gegenton wurde einer der beiden Intervalltöne des Futtersignals gewählt.

als Futterklänge verwendet. Dabei ergab sich folgendes (vgl. Tabelle 28 und Abb. 18):

1. Wird ein einzelner Ton aus einem Zweiklang (F) geboten, so hat er zunächst[1] Futtersinn: das Vt reagiert auch auf die eine Komponente des Futterklangs.

2. Der Stärkegrad dieser falschen Reaktion ist von der Intervallart abhängig: Bei der *Oktave* (42%) und bei der *Quinte* (36%) ist die *Fehlerzahl am größten* und die Lernzeit am längsten.

Die übrigen Intervalle weisen bedeutend weniger Fehler auf (Durchschnitt 20%)[2].

3. Die Fehler auf beliebige, nicht im Futterintervall enthaltene *Kontrolltöne* waren gering.

In der Tabelle 29 werden die am Menschen (von STUMPF) und am Vogel gefundenen Ergebnisse verglichen. Die Versuchspersonen hatten sich, ähnlich wie der Versuchsvogel, beim Erklingen einer Oktave, Quinte usw. zu entscheiden, ob sie dabei 1 oder 2 Töne empfinden. Die falschen Antworten sind in Prozent angegeben.

Der hohe Fehlerprozentsatz beim Menschen beruht wahrscheinlich nicht auf einer

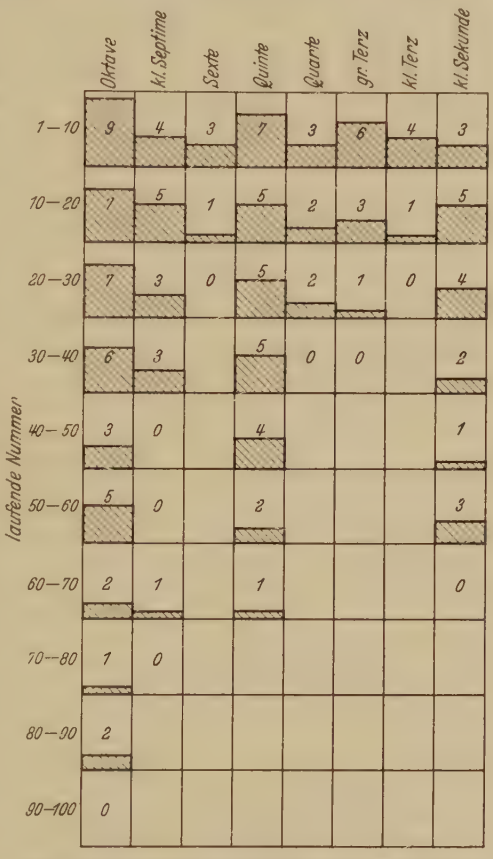

Abb. 18. Abnahme der Fehler beim Gegenton mit zunehmender Versuchszahl bei den verschiedenen Intervallklängen. (Vollkommen schraffierte Rubriken bedeutet 100 % Fehler bei je 10 Versuchen. Die Fehlerzahl ist außerdem noch als Ziffer angegeben.)

[1] Auf Einzelwerte einzugehen, dürfte wegen der geringen Versuchszahl und der teilweise fraglichen Ergebnisse nicht angebracht sein. So waren z. B. die Einzeltöne von Terz und Quart in anderem Zusammenhang bereits früher einmal benützt worden. Da die Terz damals Futtersinn hatte, die Quart aber nicht, so werden die Fehlerzahlen in der jetzigen Versuchsreihe, Terz 25%, Quart 17% erklärlich. Denn nach den Verhältniszahlen dieser Intervalle (s. oben) wären gerade umgekehrte Ergebnisse zu erwarten gewesen!

[2] Jedenfalls überwiegen bei der Oktav, der Quinte und bei der großen Terz die Fehler innerhalb der ersten 10 Versuche!

soviel schlechteren Urteilskraft, sondern weil *mehrere* Personen verwendet wurden, so daß eine Verbesserung der Antworten durch Übung wie bei der Dressur nicht möglich war.

Tabelle 29.

Intervall	Mensch in %	Vogel in %
Oktave	75	42
Quinte	40—65	36
Quarte	28—36	17,5
Kl. Septime . . .	19	20

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die Erscheinung der *Intervallverwechslung,* insbesondere der „Tonverschmelzung", sowohl für den Mensch als auch für den Vogel gültig ist, daß nämlich bestimmte Intervalle (Oktave, Quinte) infolge ihrer tonalen Zusammensetzung bei aufeinanderfolgender oder gleichzeitiger Darbietung der Töne als verwandt empfunden werden.

5. *Versuche mit Melodien.*

Nach den Versuchen von Buytendijk und Fischel[1] am Hund soll der Dressurton unmittelbar nach anderen (sogar bekannten) Tönen seine Wirkung verlieren, so daß wieder eine neue Andressur nötig ist.

a) Andressur einer Futtermelodie. Der bekannte F = a^3 wird in die Tonfolge g^2 / a^3 / c^3 eingekleidet und soll seine Dressurwirkung behalten.

Beim ersten Versuch antwortete das Vt zögernd und unsicher mit FR, die beiden nächsten Male wurde überhaupt keine FR ausgelöst (also Fehler), aber vom 4. Versuch ab eilte das Tier sofort zur Futterklappe. Anfangs erfolgte die Reaktion erst beim zweiten Ton der Futtermelodie (a^3!), später sofort beim ersten Ton. (Der zeitliche Abstand zwischen je 2 Tönen betrug 1 Sek.) Die *Bedeutung des F* erlischt also unter dem Einfluß von Nachbartönen *nicht.*

Tabelle 30.
Futterreaktionen bei der Gegenmelodie.

Lfd. Nr.	Fehler (FR)	
	n	in %
1—10	7	70
10—20	3	30
20—30	1	10
30—40	0	0
40—50	0	0

b) Unterscheidung zweier Melodien an der Tonstellung. Bei der Gegenmelodie wurden dieselben Töne der Futtermelodie verwendet, jedoch unter Umstellung der Töne: a^3 / c^3 / g^2.

Aus der nebenstehenden Tabelle wird ersichtlich, daß bei den ersten 10 Versuchen 7 Fehler gemacht wurden. Nach 12 Versuchen zeigte sich ein Lernerfolg und nach 20 Versuchen hatte das Tier die Aufgabe begriffen.

Melodien können also nach einiger Übung an ihrem *Aufbau* (Stellung der Töne) erkannt werden.

Für die anfänglich falschen Reaktionen gibt es zweierlei Begründungen: Entweder hat sich der Sittich bei der Futtermelodie die *absolute Höhe* der einzelnen Töne gemerkt — diese behielten deshalb auch in

[1] Vgl. auch Ehrenfels: „Über Gestaltsqualitäten", 1890.

umgestellter Reihenfolge ihre Futterbedeutung — oder aber die Beschaffenheit der einzelnen Töne war bedeutungslos, nur die *Tonfolge* als Ganzheitsbegriff übte ihre Wirkung aus. Zwischen diesen beiden Möglichkeiten kann nicht mit Sicherheit entschieden werden[1].

Nach dieser Streife durch das weite Feld der Tonpsychologie kommen wir auf die eingangs gestellte Frage zurück: *Ist der Vogel musikalisch?*

Wenn eine solche Frage schon für den Menschen schwer eindeutig zu beantworten ist (v. Kries), so wird die Schwierigkeit beim Vogel, dessen Seelenleben uns völlig fremd ist, noch viel größer.

Vergegenwärtigen wir uns aber die einzelnen Kriterien, die O. Abraham zu dem Begriff „Musikalität" zusammenfaßt, nämlich „gewisses Maß an musikalischem Interesse, Sinn für Klangschönheit, gutes Gehör, Gedächtnis für absolute Tonhöhen, für Intervalle, Melodien, Rhythmus, außerdem Produktivität", so muß man zu der Überzeugung kommen, daß einer großen Zahl von Vogelarten eine gewisse *musikalische Begabung zuzuerkennen* ist.

Das Gefühl für Harmonien in unserem Sinn (Konsonanz und Dissonanz) scheint aber der Vogel nicht zu kennen.

Wenn wir nun die Ergebnisse *aller* vorgenommenen Gehörversuche betrachten, so läßt sich aus ihnen folgern, daß der Vogel mit Hilfe seines einfach gebauten Ohres zu ähnlich hohen Leistungen des Gehörs fähig ist, wie der Mensch mit dem komplizierten Cortischen Organ. Diese Gehörtüchtigkeit, besonders auch die musikalische Begabung, setzt eine hohe Entwicklung der Großhirnzentren für die Schall*verarbeitung* voraus. Welche Elemente für die Schall*aufnahme* verantwortlich zu machen sind, läßt sich nicht mit Sicherheit entscheiden. Vielleicht spielt die besondere Art der Innervation (vgl. Einleitung S. 170) eine Rolle und außerdem die gerade bei den Vögeln so außerordentlich hohe Zahl von Sinneszellen und Hörhaaren (*Sinneszellen:* 4—6 Reihen im Schneckenquerschnitt des Säugerohrs, 40 Reihen im Vogelohr, *Hörhaarezahl* pro Sinneszelle: Niedere Säuger 8—12, Mensch 30—40, Orang-Utan 50—60, Vogel über 100). Jedenfalls ist es nicht sehr wahrscheinlich, daß im Sinne von Helmholtz den *Basilarfasern* eine wesentliche Bedeutung zukommt, da die physiologischen Ergebnisse mit den anatomischen Befunden zu sehr in Widerspruch stehen. Es ist aber auch nicht ausgeschlossen, daß die Vervollkommnung der Gehörleistungen bei den Vögeln gegenüber den

[1] Die Fehlerabnahme nach den ersten 10 Versuchen läßt sich eventuell auch mit einer *Umdressur* auf die *neue Tonfolge* erklären; die Folgerung, daß Tonfolgen an der Stellung bzw. der absoluten Höhe der Töne erkannt werden können, wäre damit hinfällig. Um diesen Zweifel zu beheben, hätten Kontrollversuche mit dem anfänglichen F = a^3 durchgeführt werden müssen, die leider aus zeitlichen Gründen unterbleiben mußten.

niederen Wirbeltieren auf *zentralen* Vorgängen beruht. Denn wie Denker am Papageienohr nachgewiesen hat, zeigt auch der innere Bau des Hörorgans bei den Sing- und Sprechvögeln trotz ihrer überlegenen musikalischen Begabung keinen nennenswerten Unterschied gegenüber anderen, weniger stimmbegabten Vögeln. Eine Erklärung hierfür läßt sich also vielleicht in einer feineren Entwicklung der sensorischen, akustischen und musikalischen Zentren suchen.

VI. Psychologische Erörterungen.

Im Anschluß an die Beschreibung der Gehöruntersuchung sollen noch einige psychologische Fragen Erwähnung finden.

1. Geforderte Dressurleistung (Gedächtnisfunktionen).

Voraussetzung für einen Dressurerfolg ist der Besitz eines *Gedächtnisses*, da das Futter ja außerhalb der Versuche weder sichtbar noch erreichbar ist, sondern erst auf einen Schallreiz hin nach Beseitigung eines „Zwischenziels" (M. Hertz) geholt werden kann. Es ist also eine gewisse Intelligenzleistung erforderlich, die allerdings durch häufige Wiederholung reflektorisch wird.

Daß das „Zwischenziel" (Futterklappe) für die FR nur von untergeordneter Bedeutung ist, dagegen Tonreiz und Freßakt unmittelbar zusammengehören, beweist folgendes:

Mit dem Kreuzschnabel war eine 3monatliche Dressurpause gemacht worden. Als zum ersten Male der frühere F wieder ertönte, war die erste Wirkung ein sofortiges Stutzen, darauf wurden unter sichtlicher Unruhe einige Körner vom Boden aufgepickt und schließlich kam auch die Erinnerung an die Futterklappe, wo dann endgültig gefressen wurde.

Genau entsprechende Versuche machte ich an einem 15 Monate alten Kind, das ich unter den gleichen Bedingungen wie im Tierversuch auf „Futter dressiert" hatte, um einen Vergleich von der an den Vogel gestellten Dressuraufgabe zu bekommen.

Auf den Ton e^2 der Edelmannpfeife mußte das Kind eine Schachtel öffnen, wo es ein Stück Keks zur Belohnung vorfand. Nach 10—12 Versuchen (die „Andressur" ging also nicht rascher als bei den meisten Versuchstieren!) reagierte das Kind „positiv" auf die Pfeiftöne, d. h. es kam sofort herangekrochen, um sich das „Futter" zu holen. Vor dem „Futterplatz" blieb es aber dann ratlos sitzen, ohne auf den Gedanken zu kommen, das „Zwischenziel" (den Schachteldeckel) zu beseitigen, was selbst nach mehrfacher Wiederholung stets von mir getan werden mußte. Während die meisten Versuchsvögel schon nach kurzer Zeit den Zusammenhang von Schallreiz-Zwischenziel und Futter begriffen hatten, scheint diese Aufgabe für das 15 Monate alte Kind zu kompliziert zu sein. Es erinnert dies an die von Révész an Hühnern gemachten Versuche: Wird Futter verdeckt, so können Hühner von sich aus dasselbe zunächst nicht auffinden, trotz eifrigstem Suchen, und erst nach langer Übung lernen sie es, das Papier (oder Glasplatte) beiseite zu schieben.

Das *akustische Gedächtnis* ist, wie schon früher erwähnt (S. 193, 195, 205), außerordentlich gut. Der Sittich „Schwups" hatte z. B. noch nach

3 Monaten eine Halbton-Differenzdressur behalten. Allerdings waren manche Tiere (z. B. Hänfling, Stieglitz) sehr vergeßlich; 1—2 Tage Dressurpause warfen den ganzen bisherigen Lernerfolg um Tage zurück (vgl. auch Hoffmann).

Das *Ortsgedächtnis* war ebenfalls bei den einzelnen Tieren verschieden gut ausgebildet. Die meisten Tiere hatten sich sofort nach dem 1. Versuch den Futterplatz gemerkt. Andere, z. B. Kanaris, Stieglitz, Hänfling, vermochten die Futterklappe nur schwer wieder zu finden und klopften beim Dressurton einfach planlos gegen die Wand.

Selbstverständlich müssen die Lebensgewohnheiten des Tieres in Betracht gezogen werden. Ein Gebüschvogel besitzt z. B. von Natur aus eine gewisse Gewandtheit, ein kleines Käfigloch zu entdecken, ein Steppenvogel dagegen (Hänfling!) kennt derartige „Schlüpfmanöver" nicht.

2. Abhängigkeit der Ergebnisse von äußeren und inneren Einflüssen.

Während Mauser, Brut- und Zugtrieb, sowie Witterung[1] keinen oder nur einen geringen Einfluß auf die Reaktionen hatten, wirkten sich schlechte Lichtverhältnisse, ebenso Dressuren in den Abendstunden nachteilig aus. Der Kreuzschnabel war z. B. für Tage dressuruntüchtig, weil er in einer etwas dunklen Ecke stand. Abends ließ sich nur bis zu einem gewissen Zeitpunkt eine FR ermöglichen. Stellte man die Tiere in einen erleuchteten Raum, dann fraßen sie im Höchstfall bis 22 Uhr, um dann entweder einzuschlafen oder in einen Zustand von Apathie zu versinken.

Die Raumbeziehung von Käfig und umgebenden Gegenständen ist ebenfalls von Bedeutung. Läßt man die Tiere lange Zeit hindurch immer auf derselben Seite fressen und dreht man den Käfig um 180° herum, so daß die Futterstelle nun auf der anderen Seite ist, dann findet zunächst (1—2 Versuche) eine allgemeine Verwirrung statt, bis sich die Tiere auf den neuen Futterplatz umgestellt haben.

Auch die *augenblickliche Beschäftigung* spielt eine Rolle. Singen oder „Spielen" (mit der Schaukel, dem Spiegel usw.) versetzt die Tiere in einen gewissen Erregungszustand, so daß sich eine FR nicht auslösen ließ. Wenn die Tiere Sandkörner zu sich nahmen, dann schienen sie ebenfalls taub zu sein, was eventuell mit den anatomischen Verhältnissen begründet werden kann.

W. Lubosch spricht diese Vermutung auch aus: „In der Befestigung des Trommelfells am Unterkiefer liegt ein Mangel, denn der Unterkiefer bewegt sich beim Kauen, und es kann kein Zweifel sein, daß während des Kauens die Vögel beim Hören beeinträchtigt sind"[2].

---

[1] Nach Aussage von Menschen mit absolutem Gehör sinkt die Leistungsfähigkeit, Töne zu definieren, bei atmosphärischen Depressionen ganz erheblich.

[2] Ein echtes Kauen findet zwar bei Vögeln nicht statt, wohl aber ein Entfernen der Körnerhülsen; nur Wellensittiche zerkleinern die Nahrung bereits etwas im Schnabel (Papageien!)

Wichtig für den Ausgang einer Reaktion ist auch die *Dauer* eines einzelnen *Versuchs,* besonders bei einem G-Versuch. Im Durchschnitt wurde der Gegenton 20 Sek. lang geboten. Bei schwierigeren Aufgaben, besonders bei Grenzleistungen gewann der Futtertrieb nach langen „inneren Kämpfen" (vgl. S. 178) gerade bei 20 Sek. die Oberhand (s. auch Tabelle 5 und 6, Latenzzeit). Wenn der G nur 10—15 Sek. gedauert hätte, dann wäre das Versuchsergebnis positiv geworden.

Weiterhin ist der *Hungerzustand* ausschlaggebend. Die Tiere durften pro Versuch höchstens 1 Min. fressen, um sie auf einer steten Freßbereitschaft zu halten. Der rasche Stoffwechsel des Vogels wirkt sich hierfür günstig aus.

Auf die Abhängigkeit von der Art der vorangegangenen Versuche („situationsgemäßer Hintergrund") wurde schon früher (S. 184) hingewiesen. Außerdem spielt aber auch die *allgemeine Verfassung* des Tieres eine Rolle, und zwar in psychologischer Beziehung. Anscheinend hat auch der Vogel wechselnde Zustände von „guter" und „schlechter Reaktionsstimmung". Es gibt z. B. Tage, wo bei derselben Aufgabe sehr viele und an anderen Tagen wieder überhaupt keine Fehler vorkommen.

In diesem Zusammenhang sollen auch die oft zu beobachtenden *Hemmungserscheinungen* Erwähnung finden. So erfolgte bei einigen Vögeln (Girlitz, Hänfling usw.) die Reaktion auf den Futterton zwar sofort, aber an der Futterklappe wurden die Tiere plötzlich ängstlich und zögerten mit dem Fressen. Die vertraute Futterstelle schien plötzlich „Gefahrgeladen" und zum Sichern Anlaß zu geben (Lorenz 1935).

Auch ein Sittich (vgl. S. 183), der lange Zeit hindurch ausgezeichnet reagiert hatte, blieb eines Tages beim F regungslos sitzen und war von da ab nur noch unter den größten Schwierigkeiten zu einer FR zu bringen[1]. Manchmal verharrte das Vt während der 1—2 Min. langen F-Dressur in einem Zustand von Apathie, um dann mit einem plötzlichen „Reaktionsruck" nachträglich zur Klappe zu stürzen[2].

Des öfteren kam es auch vor, daß die ersten Versuche mit Gegentönen positiv verliefen, d. h. die Tiere reagierten *ohne Dressur,* also spontan, auf den G zunächst richtig mit „Beherrschung". Erst nach

[1] Eigenartigerweise schien die Erinnerung an den Gegenton sich fester eingeprägt zu haben als die biologisch näher liegende Assoziation auf den Futterton. Pawlow führt dies auf zentrale Hemmungsprozesse zurück, die stärkere Wirkungen haben als die eigentliche Erregung: Nach Exstirpation des Hörzentrums läßt sich z. B. wochenlang nicht die FR ausbilden, wohl aber die Hemmungsreaktion auf „Warntöne".

[2] Die plötzliche Lösung des Spannungszustandes ist vielleicht mit dem von Bühler geprägten Begriff des „Aha-Erlebnisses" erklärbar: Plötzlicher Einfall, durch den ein Gegenstand unerwartet Zielcharakter bekommen kann.

mehreren Versuchen verschlechterten sich die Ergebnisse und nach kürzerer oder längerer *Dressur* zeigte sich dann ein *richtiger Lernerfolg*. Eine Erklärung für diese Beobachtung kann ich nicht geben. Anm. 1, vergl. Pawlows Erklärungsversuch (1926).

In manchen Fällen (besonders bei dem Sittich „Schwups") erinnerte das Gebaren der Vögel überraschend an Einsichtshandlungen. Es ist hier jedoch nicht der Ort, näher auf diese schwierige Frage der Tierpsychologie einzugehen.

VII. Zusammenfassung der Ergebnisse.

I. Der *Hörumfang* der untersuchten Vögel (Sittiche und Kreuzschnabel) hat im Bestfall eine Spannweite von *8—9 Oktaven*, ist also kleiner als der optimale Hörumfang des Menschen.

1. Die *obere Grenze* liegt zwischen 14000 und 20000 Hz.

2. Die *untere Grenze* scheint höher als beim Menschen zu liegen, nämlich bei *etwa 40 Hz*.

3. Im Gebiet der Hörgrenzen verlängert sich die *Latenzzeit*.

II. *Unterschiedsschwellen.*

1. In *mittleren Lagen* (2-gestrichene Oktave):

a) Die absolute Unterschiedsempfindlichkeit liegt bei dieser Versuchsanordnung zwischen *0,3—0,7%* Frequenzänderung *(2—5 Hz)*.

b) Mit dem Intervall 10 Hz wurden Vergleichsversuche am Menschen vorgenommen. Die Fähigkeit, dies Intervall wahrzunehmen und über einige Zeit hinweg zu behalten, war bei dem Versuchs*vogel* genau *so gut oder besser* als bei den Versuchs*personen*.

c) Das *Tongedächtnis* für kleinste Frequenzunterschiede ist *außerordentlich gut*. Das Intervall *20 Hz* wird über *Stunden* behalten, *5 Hz* bis zu *1 Stunde, 1—2 Hz* im Bestfall 3 Min.

2. In *hohen Lagen* (4- und 6-gestrichene Oktave):

a) Die *gesanglichen Tonschritte* sind vielfach bedeutend *kleiner als ein Ganzton*. Da sie der Kontrolle des Gehörsinns unterliegen, so muß der Sänger für diese kleinen Intervalle auch entsprechend unterschiedsempfindlich sein.

b) In der 4-gestrichenen Oktave wird ungefähr noch ein *Viertelton* unterschieden = *etwa 1,25—1,93%*.

c) In der 6-gestrichenen Oktave erleichtert der *Klangcharakter* die Intervallanalyse.

Ist der Futterton der tiefere Dressurton, dann ist das kleinste noch eben als Zweiheit empfundene Intervall die *kleine Terz = 19%* Frequenzänderung, ist er der höhere, dann eine *große Sekunde = 10%*.

d) Die Vergleichsversuche am Menschen verliefen ähnlich oder schlechter.

e) Das *absolute Gehör* (Tongedächtnis) ist auch in hohen Lagen gut, aber schlechter als in mittleren Lagen.

Das Intervall d^6 / e^6 *(= 1137 Hz)* wurde bis zu 1 Stunde behalten. Bessere Werte wurden für Frequenzunterschiede der *4-gestrichenen Oktave* erzielt. Das Intervall *40 Hz* wurde nach 1—3 Stunden noch dressurrichtig beantwortet.

3. In *tiefen Lagen* (große Oktave):

a) Die *Anlernzeit* zur Unterscheidung des *1. Gegentons* ist viel *länger* als in allen übrigen untersuchten Lagen. Die allgemeine Dressurbereitschaft für tiefe Töne ist herabgesetzt.

b) Die Unterschiedsschwelle liegt bei einem Intervall von 10—20 Hz = *20—40%* Unterschied. Die Leistungen sind hier also wesentlich schlechter als in mittleren und hohen Lagen.

III. *Tonpsychologische Ergebnisse.*

1. Es wurde nochmals unter Beweis gestellt, daß der Vogel ein *gutes, absolutes Gehör* hat. Dressur*töne* wurden in Zwei- und Dreiklängen wieder erkannt, Futtertöne leichter als Gegentöne. — Dressur*klänge* als Tonfolgen dargeboten, verlieren nicht ihren Dressursinn. Während das Futterintervall sofort mit der Freßreaktion richtig beantwortet wurde, war für das Wiedererkennen des Gegenintervalls eine längere Übung nötig.

2. Die Versuche mit *Klangfarben* ergaben, daß am ehesten *die* Instrumententöne dressurrichtig beantwortet werden, die am meisten in ihrem tonalen Aufbau den obertonarmen Flötentönen der Edelmannpfeife gleichen.

3. Ein Sittich wurde auf die *Unterscheidung von Klängen* dressiert. Nach einer ziemlich langen Andressur konnte eine *Terz* (a^3 / f^3) = Futterklang und eine *Quarte* (a^3 / e^3) = Gegenklang auseinandergehalten werden, wobei die für das menschliche Ohr deutlich hervortretenden *Kombinationstöne keinen Einfluß* haben.

4. Dann wurde das *Transponiervermögen*, das bei den *stimmlichen* Intonationen des Vogels wenig beobachtet wird, mit Hilfe der beiden Dressurintervalle Terz und Quart geprüft. In dem untersuchten Bereich von c^1—c^4 reagierte das Vt auf beliebige Terzen und Quarten dressurrichtig; es hat also die *Fähigkeit zu transponieren.*

5. *Andere* musikalische *Intervalle* wurden wie die Quarte mit *Beherrschung* beantwortet, — sie können also *ohne Dressur* von der Futterterz unterschieden werden.

Eigenartigerweise machte die Unterscheidung von großer Terz und großer Sekunde, also von 2 Intervallen, die für *unser* Ohr deutlich als Wohlklang und Disharmonie empfunden werden, dem Tier besondere

Schwierigkeiten; es geht daraus hervor, daß unsere europäischen Begriffe von Konsonanz und Dissonanz für die Klangempfindungen des Vogels nicht anwendbar sind.

6. Die bei vielen Menschen zu beobachtende Erscheinung der *Oktavenverwechslung* ließ sich bei den Vt *nicht* nachweisen, wahrscheinlich wegen des guten absoluten Gehörs. Daß aber auch für den Vogel eine Oktavenähnlichkeit besteht, zeigten Versuche über „Tonverschmelzung": Es dauerte sehr lange, bis das Vt den Oktavenzweiklang von seinem Grundton unterscheiden konnte. Bei der Untersuchung der übrigen musikalischen Intervalle zeigte es sich, daß *nicht der Abstand* der Intervalltöne, sondern das *Verhältnis ihrer Schwingungszahlen* für die Anzahl der Fehler ausschlaggebend ist. Aus den gut „verschmelzenden" Intervallen (Oktave, Quinte) mit ihren kleinen Verhältniszahlen, wurde der Grundton schwerer herausgehört, als aus den schlecht verschmelzenden Intervallen mit ihren großen Verhältniszahlen.

7. Die Versuche mit *Melodien* ergaben, daß der Futterton in der Nachbarschaft von anderen Tönen seine Bedeutung nicht verliert und daß 2 Tonfolgen an der *Stellung* der einzelnen Töne erkannt werden.

Schriftennachweis.

Abraham, Otto: Das absolute Tonbewußtsein. Sammelbände der internat. Musikges. Jg. III, 1, 1901/02. — **Alverdes:** Tierpsychologie. Leipzig 1932. — **Backhaus, H.:** Physikalische Untersuchungen an Streichinstrumenten. Naturwiss. **17**, H. 42 (1929). — **Békésy, v.:** Physik. Z. **30** (1929). — Ann. Physik **1930**. — Physik. Z. **34** (1933). — Über akustische Reizung des Vestibularapparates. Pflügers Arch. **236** (1935). — **Berger, Käthe:** Experimentelle Studien über Schallperzeption bei Reptilien. Z. vergl. Physiol. **1** (1925). — **Beritoff:** Über die erworbene Tätigkeit des Zentralnervensystems der Taube. Pflügers Arch. **213** (1926). — **Bernstein:** Über das angebliche Hören labyrinthloser Tauben. Pflügers Arch. **61** (1895). — **Bethe:** Anpassungsfähigkeit des Nervensystems. Naturwiss. **1933**. — **Beyer:** Die neugierige und musikverständige Nachtigall. Gefied. Welt **16** (1920). — **Bierens de Haan:** Über das Sehen der Affen. Z. vergl. Physiol. **5**, 699 (1926). — Der Stieglitz als Schöpfer. J. f. Ornithol. **81**, 1 (1933). — **Brown, Graham:** Die Großhirnhemisphären, Wirkungen auf assoziative und bedingte Reflexe. Handbuch für normale und pathologische Physiologie, Bd. X, S. 509f. — **Brücke:** Vorgänge im Zentralnervensystem. Handbuch für normale und pathologische Physiologie, Bd. IX, S. 633. 1929. — **Bühler:** Die geistige Entwicklung des Kindes. Jena 1929. — **Buytendijk** u. **Fischel:** Über die akustische Wahrnehmung des Hundes. Arch. néerl. Physiol., Sér. III c **18** (1933). — **Denker, Alfred:** Das Gehörorgan und die Sprechwerkzeuge der Papageien. Wiesbaden 1907. — **Doederlein:** Über die exakte Bestimmung der oberen Hörgrenze mittels der Galtonpfeife. Beitr. Anat. usw. Ohr usw. **16/17** (1921). — **Edinger:** Die nervösen Zentralorgane des Menschen und der Tiere, Bd. 2. 1908: Der Akustikus und der Vestibularapparat (S. 91f.), das Vorderhirn der Vögel (S. 277f.). — **Ehrenfels:** Über Gestaltsqualitäten. Vjschr. wiss. Philos. **14** (1890). — **Eliasson:** Über die Funktion der kortikalen Hörzentren. Nasen- u. Ohrenheilk. **139** (1935). — **Engelmann:** Über die Schallokalisation bei Tieren. Z. Psychol. u. Physiol. Sinnesorg.

105 (1927). — **Ewald:** Zur Physiologie des Labyrinths: Das Hören der labyrinthlosen Tauben. Pflügers Arch. **59** (1894). — **Fischel:** Über das Gedächtnis und den Antrieb der Vögel. Z. vergl. Physiol. **5**, 390f. (1926). — **Frieling:** Die Stimme der Landschaft. München: Oldenbourg 1937. — **Frisch, v.:** Über den Gehörsinn der Tiere. Natur u. Mus. **61** (1931). — Untersuchungen über den Sitz des Gehörsinns bei Ellritzen. Z. vergl. Physiol. **17** (1932). — **Gildemeister:** Hörschwellen und Hörgrenzen. Handbuch für normale und pathologische Physiologie, 1926. — Probleme und Ergebnisse der neueren Akustik. Z. Hals- usw. Heilk. **27**. — **Goebel:** Über die Ursachen der Einklangempfindung bei der Einwirkung von Tönen, die im Oktavenverhältnis zueinander stehen. Z. Sinnesphysiol. **45**. — Über die Tätigkeit des Hörorgans bei den Vögeln. Z. Sinnesphysiol. **47** (1913). Nachtr. **51** (1920). — Hörtheorien. (Faßt alle neueren Ergebnisse über tierischen und menschlichen Gehörsinn zusammen.) Arch. Ohr- usw. Heilk. **127** (1930). — Elektrophysiologie des Hörnerven. Arch. Ohr- usw. Heilk. **133** (1932). — Oktaveneinklangsempfindung und Basilarpapille. Arch. Ohr- usw. Heilk. **139** (1934). — Empfindung und Vorstellung im Hörbereich. Arch. Ohr- usw. Heilk. **139** (1935). — **Hagen:** Gesang des Buchfinken angeboren oder erlernt? Ornithol. Berater **1923**, H. 3. — **Handbuch** der Experimentalphysik, Bd. 17/3, 1934 (Backhaus). — **Handbuch** der vergleichenden Anatomie (Bölk, Göppert, Kallius, Lubosch). **De Burlet:** Vergleichende Anatomie des stato-akustischen Organs, Bd. 2, 2. Hälfte, S. 1293—1444. 1931. — **Heinroth:** Muß der Vogel seinen Gesang erlernen? Beitr. Fortpflanz.biol. Vögel **3**, 6 (1927). — **Heinroth** u. **Magdalena:** Die Vögel Mitteleuropas. Berlin 1924—1926. — **Held:** Die Sinneshaare des corticalen Organs und ihre Beziehung zur Membrana tectoria. Arch. Ohr- usw. Heilk. **9** (1924). — **Helmholtz:** Die Lehre von den Tonempfindungen. 1913. — **Hertz, Mathilde:** Beobachtungen an gefangenen Rabenvögeln. Psych. Forsch. 8 (1926). — Wahrnehmungspsychologische Untersuchungen am Eichelhäher. Z. vergl. Physiol. **7** (1928). — **Hoffmann, Bernhard:** Kunst und Vogelgesang. Leipzig 1908. — Muß der Vogel seinen Gesang erlernen? Beitr. Fortpflanz.biol. Vögel **4**, 4 (1928). — Das Spotten der Vögel. Verh. ornithol. Ges. Bayern **16**, 34 (1928). — **Holst, v.:** Die bedingten Reflexe. Fortschr. Zool. **1937**. — **Hornbostel, v.:** Über vergleichende akustische und musikpsychologische Untersuchungen. Beitr. Akust. u. Musikwiss. **5** (1910). — Über die Bedeutung ethnologischer Untersuchungen für die Psychologie und Ästhetik der Tonkunst. Beitr. Akust. u. Musikwiss. **6** (1910). Über ein akustisches Kriterium für Kulturzusammenhänge. Beitr. Akust. u. Musikwiss. **7** (1913). — Tonigkeit. Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie Bd. XI, S. 711f. 1926. — Neue Beiträge zur physiologischen Hörtheorie. Jber. Physiol. **9 I** (1939). — **Huizinga:** Weitere Untersuchungen über die Schallreflexe Tullios (Tauben!). Pflügers Arch. **237** (1936). — **Huth:** Sprechende Wellensittiche. Gefied. Welt **51**, 5 (1921). — **Jahn, C.:** W. Mozart. 1. Aufl., 1. Bd. 1856. — **Jellineck, Auguste:** Versuche über das Gehör der Vögel, Dressurversuche an Tauben mit akustischen Reizen. Pflügers Arch. **211**, 64—82 (1926). — Gehörprüfungen an Tauben nach Exstirpation des Mittelohrs. Pflügers Arch. **211**, H. 2, 73—81 (1926). — **Koehler, W.:** Kann die Taube Zahlen erfassen? Verh. dtsch. zool. Ges. **37** (1935). — Können Tauben Zahlen erfassen? Z. Tierpsychol. **1** (1937). — **Koehler, Wolfgang:** Akustische Untersuchungen. I. u. II. Beitr. Akust. u. Musikwiss. **4** (1909); **6** (1911). — **Kolmer:** Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen, Bd. III/1. 1927. — **Kries, v.:** Wer ist musikalisch? Berlin 1926. — **Krueger:** Gefühlsartiges im tierischen Verhalten. Z. Tierpsychol. **1** (1937). — **Kutter:** Die Hörfähigkeit labyrinthloser Tauben. Pflügers Arch. **64** (1896). — **Legenbaur:** Mein abgerichteter Dompfaff. Gefied. Welt **49**, 24 (1920). — **Leiri:** Hörtheorien. Arch. Ohr- usw. Heilk. **128/129** (1936). — **Lorenz:** Der Kumpan in der Umwelt des Vogels. J. f. Ornithol. **83**, H. 2/3 (1935). — Über den Begriff der Instinkthand-

lung. Fol. biotheoret. **2** (1937). — Taxis und Instinkthandlung der Eirollbewegung. Z. Tierpsychol. **2**, 1 (1938). — **Lubosch:** Vergleichende Anatomie der Sinnesorgane. Natur u. Geisteswelt **1909**. — **Lukanus, v.:** Mein sprechender Wellensittich. Ornithol. Mschr. **42**, H. 7 (1917). — Das Leben der Vögel. Berlin: Scherl 1925. — Über das Sprechen der Papageien und ihre geistigen Fähigkeiten. Ornithol. Mschr. **31**, H. 5/6 (1923). — **Maltzew, C.:** Das Erkennen sukzessiv gegebener musikalischer Intervalle in den äußeren Tonregionen. Beitr. Akust. u. Musikwiss. **7**, 37—134 (1913). — **Mangold:** Handbuch für normale und pathologische Physiologie, Bd. XI. 1926. — **Matte:** Experimentelle Untersuchungen über die Funktion des Ohrlabyrinths bei Tauben. Pflügers Arch. **57**, 1894. — **Meyer, Max:** Über die Unterschiedsempfindlichkeit für Tonhöhen. Beitr. Akust. u. Musikwiss. **2** (1898). — **Meyer u. Buchmann:** Die Klangspektren der Musikinstrumente. Z. techn. Physik **12** (1931). **Pawlow:** Die höchste Nerventätigkeit der Tiere. München 1926. — **Peters:** Entwicklung der Wahrnehmungsleistung des Kindes. Z. Psychol. **103**, 3 (1927). — **Preyer:** Die Seele des Kindes. Leipzig 1909. — **Ranke, O.:** Physiologie der Schnecke und des corticalen Organs (unter besonderer Berücksichtigung der elektrischen Erscheinungen). Erg. Physiol. **37** (1935). — **Retzius, G.:** Das Gehörorgan der Wirbeltiere. 1884. — **Révész:** Tierpsychologische Untersuchungen. Z. Psychol. 88 (1921). **Rüppell:** Physiologie und Akustik der Vogelstimme. J. f. Ornithol. **1933**, 3. — **Schaefer u. Gießwein:** Physiologie des Ohrs. Denker u. Kahlers Handbuch der Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Bd. 6, S. 389. 1926. — **Schaefer, Karl:** Bestimmung der unteren Hörgrenze. Beitr. Akust. u. Musikwiss. H. 3 (1901). — **Schaefer, Otto:** Eine neue Resonanzhypothese. Z. Sinnesphysiol. **1920**. — **Schemintzky:** Die Welt des Schalls. Berglandverlag 1936. — **Schmid, Bastian:** Begegnung mit Tieren, S. 109. 1936. — **Schmitt, Cornel:** Der Amselgesang und seine Beziehung zur Musik. 49. Ber. Senckenberg. naturforsch. Ges. **1919**. — **Schmutzler, L.:** Über den Tonsinn der Vögel. Neue Musikztg **1916**, H. 21, 330. — **Schultze:** Die Abhängigkeit des Elastizitätsmoduls von Spannung, Torsion und Nachwirkung. Ann. Physik, 4. F. **31**, 5 (1910). — **Schwabe u. Satoh:** Der histologische Bau der Vogelschnecke und ihre Schädigung durch akustische Reize. Basel 1917. — **Stadler, Hans:** Die Vogelstimmenforschung als Wissenschaft. Verh. VI. internat. Ornithol. Kongreß, Kopenhagen **1926**. — Über Vogelrufe. Ornithol. Anz. ornithol. Ges. Bayern **1932**. — Der Vogel kann transponieren. Ornithol. Mschr. **59** (1934). — Das Spotten der Vögel. Ornithol. Mschr. **60** (1935). — **Stadler, Hans u. C. Schmitt:** Über das Spotten mitteleuropäischer Vögel. Verh. ornithol. Ges. Bayern **11**, 3 (1913). — Das Spotten der Vögel. Ornithol. Mschr. **40** (1915). — **Steinhausen:** Latenz- und Reaktionszeit. Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie, Bd. IX, S. 666. — **Stetter:** Untersuchungen über den Gehörsinn der Fische besonders von *Phoxinus laevis* und *Amiurus nebulosus*. Z. vergl. Physiol. **9** (1929). — **Strehl:** Pflügers Arch. **61**. Beiträge zur Physiologie des inneren Ohres. 1895. — **Stumpf:** Tonpsychologie, Bd. I u. II. 1883 u. 1890. — Neueres über Tonverschmelzung. Z. Psychol. **15** (1897). — Beitr. Akust. u. Musikwiss. **1898**, H. 2. — Die Unmusikalischen und die Tonverschmelzung. Z. f. Psychol. **17** (1898). — Konsonanz und Dissonanz. Beitr. Akust. u. Musikwiss. **1907—1915**, H. 1—8. — Beobachtungen über Kombinationstöne. Beitr. Akust. u. Musikwiss. **1910**, H. 5. — Konsonanz und Konkordanz. Beitr. Akust. u. Musikwiss. **1911**, H. 6. — Differenztöne und Konsonanz. Beitr. Akust. u. Musikwiss. **1911**, H. 6. — Über neuere Untersuchungen zur Tonlehre. Beitr. Akust. u. Musikwiss. **1915**, H. 8. — Verlust der Gefühlsempfindungen. Beitr. Akust. u. Musikwiss. **1924**, H. 9. — Binaurale Tonbildung, Mehrheitsschwelle und Mitteltonbildung. Beitr. Akust. u. Musikwiss. **1924**, H. 9. **Tanturri:** Zur Anatomie und Physiologie des Labyrinths der Vögel. Mschr. Ohrenheilk. **67** (1933). — **Ten Cate:** Akustische und optische Reaktionen der Katze nach Exstir-

pation des Neopalliums. Arch. Néerl. Physiol. **19,** 191 (1934). — Können die bedingten Reaktionen sich auch außerhalb der Großhirnrinde bilden? Arch. néerl. Physiol. **19,** 469 (1934). — **Tullio:** Ohr und Entstehung der Sprache, S. 188f., 1929. **Uexküll, v.:** Die Lebenslehre, S. 67f. 1930. — **Volkelt:** Einige Methoden der Verhaltensbeobachtung und Protokollierung. Arch. f. Psychol. **91** (1934). — **Wada:** Gehör der Vögel. Pflügers Arch. **202,** 46—69 (1924). — **Waetzmann:** Hörtheorien. Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie, Bd. XI. 1926. — **Wassiliew:** Über das Unterscheidungsvermögen der Vögel für hohe Töne. Z. vergl. Physiol. **19,** 424—438 (1933). — **Wendt:** Auditory acuity of monkeys. Comp. Psychol. Monogr. **1934,** 9. — **Wever** and **McCrady:** Über die Entwicklung des Hörens bei Opossum (engl.) Princeton U., J. of exper. Zool. **1937.** — **Wirth:** Die Reaktionszeiten. Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie, Bd. X, S. 525. — **Wittmaak:** Sekundäre Degeneration des Cochlearnerven und biologische Beziehung zwischen corticalem Organ und Hörnerven. Acta oto-laryng. (Stockh.) **23** (1935) **Wohlfahrt:** Über rhythmisches Gefühl und relative Tonunterscheidung bei Ellritzen. Sitzgs.ber. Ges. Morph. u. Physiol. München **45** (1936). — Untersuchungen über das Tonunterscheidungsvermögen der Ellritze. Z. vergl. Physiol. **26,** H. 4 (1939).

Lebenslauf.

Ich bin am 14. Februar 1915 in Freiburg i. Br. geboren als Tochter des damaligen Hauptmanns im Inf.-Reg. 113, Maximilian Knecht, und seiner Frau Gertrud, geb. Lehmann.

Nach Besuch einer Privat- und einer Volksschule von 1921—24 trat ich in die höhere Mädchenschule ein und 1927 in das Mädchenrealgymnasium, wo ich Ostern 1933 die Reifeprüfung ablegte.

Seit dem WS. 1933/34 studiere ich Naturwissenschaften mit den Fächern Biologie, Geographie, Geologie, sowie während zweier Semester Chemie. Die ersten 3 Semester in Freiburg hörte ich bei SPEMANN (Zoologie), OEHLKERS (Botanik), SOERGEL (Geologie), W. FISCHER (Chemie), MORTENSEN (Geographie). Im SS. 1935 arbeitete ich in anorganischer Chemie bei SCHWARZ in Königsberg, bei SEIDEL und KÖHLER (Zoologie), bei MOTHES und STEINECKE (Botanik) und nahm an psychologischen und philosophischen Vorlesungen und Übungen teil. In Göttingen absolvierte ich das große botanische Praktikum bei HARDER, Physiologie bei REIN, sowie Geographie und Völkerkunde. Im 6. und 7. Semester erledigte ich in München bei Prof. v. FRISCH die beiden zoologischen Praktika und nahm an zoologischen Spezialvorlesungen und Übungen teil. Seit dem SS. 1937 arbeitete ich über das von Prof. v. FRISCH angeregte Thema „Gehörsinn der Vögel".

SIGRID KNECHT.